



Forfatter: Anders Endal

## Fiskeri og havbruk



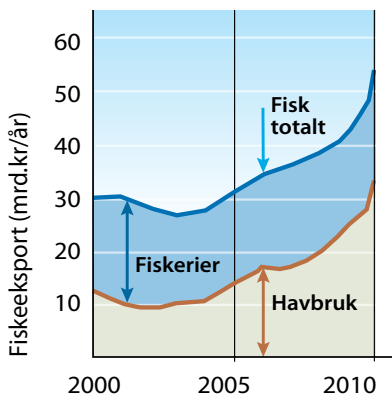
### Innhold

|  |    |
|--|----|
| Innledning.....  | 2  |
| Fiskeriene – en bærebjelke i det norske samfunnet gjennom århundrer.....     | 4  |
| Havbruk - en ny bærebjelke, allerede viktig nå, superviktig i framtiden..... | 8  |
| Den komplette norske næringsklynge for sjømat. Fremtidig utvikling.....      | 10 |
| Fiskeriteknologi.....  | 12 |
| Hvordan finne fisken?.....   | 12 |
| Hvordan fange fisken.....  | 14 |
| Den norske fiskeflåten.....  | 16 |
| Energiforbruk ved tråling.....   | 18 |
| CO <sub>2</sub> e-utslipp fra fiskeriene.....                                | 20 |
| Hydraulikkssystemer for dekksmaskineri.....                                  | 22 |
| Kjøleprosesser. Kompresjonsarbeid og entalpi.....                            | 24 |
| Bærekraft og framtidens fiskebåt.....  | 26 |
| Havbruksteknologi.....   | 28 |
| Fôr, energi og CO <sub>2</sub> e-utslipp.....                                | 28 |
| Helse og velferd. Rømt fisk og økologiske effekter.....                      | 30 |
| Merder og føring.....  | 32 |
| Brønnbåter. Lasting og lossing.....  | 34 |
| Oppgaver.....  | 36 |
| Referanser.....  | 38 |

**Verdens befolkning øker sterkt. I 2010 var den på omkring sju milliarder, og den forventes å stige til bortimot ni milliarder i 2050. Menneskehetens største utfordringer er å skaffe nok mat, ferskvann og energi uten å ødelegge miljøet.**

## Norsk produksjon av sjømat av stor betydning i verden

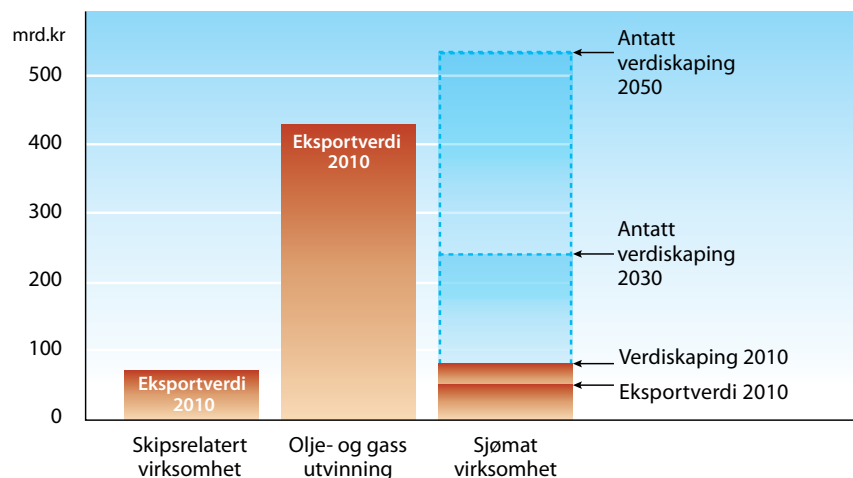
**Landarealene vil ikke gi nok mat i framtiden.** Gjennom begynnelsen av 2000-tallet har vi sett at matsituasjonen begynner å bli prekær. Matlagrene i verden er sterkt redusert, samtidig som prisene øker. Verden mangler ferskvann og jord til å øke matproduksjonen. Etter hvert vil det også bli mangel på næringsalter og kunstgjødsel. I våre havområder finnes det både vann, areal og mye næringsalter. Dette gir oss store muligheter til å produsere både mat og biomasse for biodrivstoff i havet.



**Eksportverdien av fisk økte med mer enn 70 % i perioden 2000-2010. Dette skyldtes først og fremst havbruksnæringen, som hadde en eventyrlig vekst. [12.4].**

**Verdens nest største eksportør av sjømat.** Norsk sjømatproduksjon vokste dramatisk i 2010, og vi var da verdens nest største eksportør av sjømat etter Kina, som snart vil få problemer med sin egen matproduksjon. Nedenfor følger noen tall som viser omfanget av den norske sjømatproduksjonen.

- Norsk sjømateksport var i 2010 på 53 milliarder kroner. Av dette kom 33 mrd. fra havbruk og 20 mrd. fra fiskeri. Økningen var på hele ni milliarder kroner fra 2009.
- Det ble eksportert 2,7 millioner tonn sjømat. Det var en økning på 93 000 tonn sammenlignet med 2009.
- I 2010 ble det servert 37 millioner måltider norsk sjømat hver dag.
- Den totale fangstmengden i fiskeriene var 2,7 millioner tonn, produksjonen av laks og ørret var litt over 1 million tonn.



**Eksportverdi 2010 for de tre største næringsklyngene i Norge. Alle er relatert til virksomheter i havet. Først på 4. plass kom en landbasert vareklynge, nemlig eksport av metaller. Figuren viser også verdiskaping 2010 i sjømatklyngen og at denne i 2050 kan komme til å være viktigere enn olje/gass-virksomheten for landet vårt. Tall fra [12.1] og [12.4].**

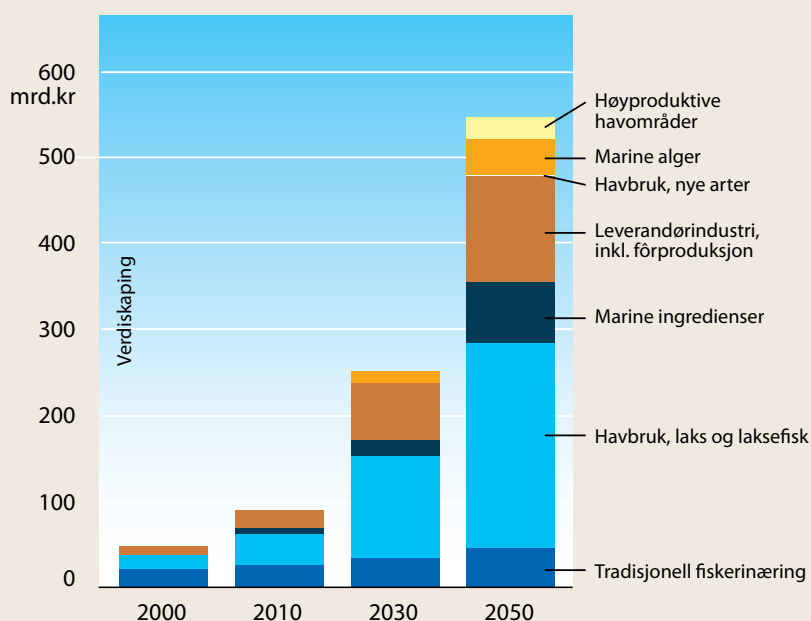
# Fiskeri og havbruk

- Dette var da Norges raskest voksende næring, og den tredje største eksportnæringen, etter olje/gass- utvinningen og inntekter fra utenriks sjøfart (se figur på forrige side).
- Norsk fiskeri- og havbruksteknologi er i verdenstoppen, og den eksporteres til store deler av verden.
- Norges tilnærming til forvaltningen av våre fiskeressurser har også gitt svært gode resultater. I 2009 var alle våre viktige fiskebestander i god forfatning.

## Enorm framtidig vekst av næringsklyngen for sjømat

Figuren nederst i venstre marg viser at eksporten av fisk økte kraftig i årene 2000-2010 (med gjennomsnittlig ca. 6 % årlig, og enda mer for laks og laksefisk). Ekspertene regner med at en lignende vekst kan fortsette også i framtiden. I tillegg til tradisjonell fiskerinæring og havbruk kommer også blant annet en betydelig leverandørindustri (for både teknologisk utstyr og fôrproduksjon), produksjon av marine ingredienser (se side 12-11) og energi- og matproduksjon fra alger. Alt dette kan gi en eventyrlig framtidig vekst.

Ser vi langt nok inn i "krystallkula", kan næringsklyngen for sjømat bli av samme størrelsesorden som dagens olje/gassklynge, for eksempel målt i verdiskaping. Se forøvrig sidene 12-10/11



Framtidig utvikling av verdiskapingen i den norske næringsklyngen for sjømat, målt i milliarder kr. [12.1].

## Antatt framtidig omsetning / verdiskaping i næringsklyngen for sjømat. Kilde: [12.1].

Baseres bl.a. på følgende utvikling:

- vekst i tradisjonell sjømatproduksjon, særlig på grunn av fangst av nye arter på lavere nivåer i næringskjeden, samt bedre forvaltning og bedre utnyttelse av hver fisk.
- økt behov for mat på grunn av økningen av jordens befolkning fra sju til ni mrd i 2050
- økt kjøpekraft i nye, sterke økonomier, særlig Kina, Russland og India
- generell økende interesse for sunn mat

Følgende trusler kan påvirke den viste utviklingen:

- kriger og konflikter
- mer dramatiske klimaendringer enn hittil antatt
- langvarig, global resesjon og økte handelsbarrierer
- reduksjon av kvaliteten på havmiljøet, f. eks ved forurensning

## MÅL

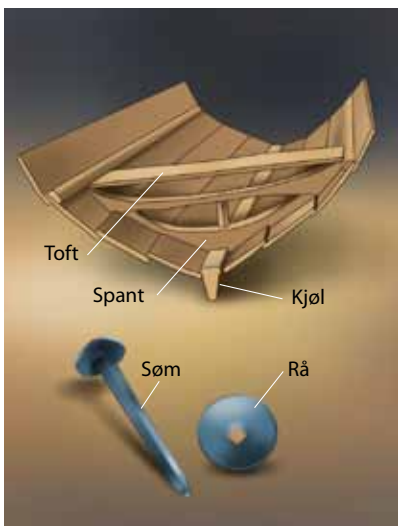
Etter å ha studert dette kapitlet skal du:

- Ha fått innblikk i de viktigste trekk fra utviklingen av fiskerier og havbruk gjennom tidene og næringens plass i det norske samfunnet
- Ha fått forståelse av hvordan høsting og dyrking av havet kan skje på en bærekraftig måte
- Ha fått innblikk i fiskeri- og fangstteknologi
- Ha fått innblikk i havbruksteknologi

# Fiskeriene – en bærebjelke i det norske samfunnet gjennom århundrer



**Tørrfisker betyde kolossalt mye for Norge fra de tidligste tider**



## Klinkbygging av båt

Klinkbygde båter bygges som en skallkonstruksjon: Først lages kjølen, og bordkledningen bygges opp fra denne. Hvert bord legges med overlapp på bordet rett under. Det bores hull gjennom begge bordene i overlappen. En søm slås gjennom fra undersiden, en "rå" plasseres, og naglen klippes og klinkes. Klinkingen presser bordene sammen så "huden" blir tett. Når skallet er ferdig, settes spantene inn. Disse blir ikke festet til kjølen. Båtene blir lette, sterke og elastiske. Også vikingskipene ble bygget på denne måten.

## Tidlige tider: Fisk og båt betydde nesten alt

Havområdene utenfor våre kyster hører til de biologisk mest produktive i verden, og er svært rike på næringsstoffer. Da isen begynte å trekke seg tilbake for 12–15 000 år siden, var havet utenfor et overflødigshorn med store mengder tang og tare, skalldyr, fisk, sel og hval. De første innvandrerne kom til våre kystområder for ca. 11 000 år siden. Dette var trolig jegerfolk som kom fra sør, på jakt etter mat. I nord kom det etter hvert også innvandring fra øst.

Arkeologene har funnet tallrike bosetninger fra denne tiden. Disse blir funnet 30-40 meter over dagens havnivå. Sanking av skjell, fiske og fangst av sjøpattedyr, samt reinjakt, ble senere kombinert med fe- og åkerbruk. Et variert næringsgrunnlag har vært ryggraden i kystens næringsliv helt fra de eldste tider.

**Båten.** Helleristninger fra forhistorisk tid viser at båten var en viktig del av kystfolkets tilværelse, og var også en del av den religiøse kulturen. Båtbyggingskunsten ble en viktig del av kystkulturen. De første båtene ser ut til å ha vært stokkbåter og båter av skinn, "sydd" sammen over en treramme (se side 9–4). I jernalderen ble klinkbygging etter hvert den viktigste byggemetoden (se figur). Vikingskipene var de største som ble bygget på denne måten. Se også sidene 3-36/37 og 9-5.

**Tørrfisk viktigste eksportvare i århundrer.** I over tusen år har kommersielt fiske og fangst samt handel med produkter fra havet vært en viktig drivkraft i endringene i kystens næringsliv og bosetning. Tørrfisk var en viktig del av provianten på lange vikingferder. Fisk og tømmer var de viktigste eksportvarene i eldre tid og grunnlaget for en omfattende handelsvirksomhet langs kysten. I løpet av 1000-tallet begynte fisk å bli omsatt som handelsvare innenlands fra Nord-Norge og sørover, og rundt 1100-tallet startet den første organiserte norske eksporten av tørket torsk og sild til England. På 1200-tallet etablerte hanseatene seg i Bergen, og fra siste halvdel av 1300-tallet overtok de kontrollen over tørrfiskhandelen med Nord-Norge. Tørrfisk var vår viktigste eksportvare gjennom mange århundrer, godt hjulpet av den katolske kirkes påbud om å spise fisk på fredager. Den omfattende eksporten knyttet Norge i sterkere grad til kontinentet.

**Hensiktsmessig geografi.** Farleiene langs kysten ble kalt Norvegr, "veien mot nord". Landet innenfor var gjennomskåret av fjordsystemer. Dette ga de fleste innbyggerne langs kysten direkte adgang til sjøen og havet; - den viktigste ferdselsåren både lokalt og globalt. Folket hadde muligheter til å utnytte ressursene både på land og sjø. Fjordene ga tilgang til skogene inne i landet. Langs hele kysten ble det bygget båter og skip inne i fjordene, både for fiskeri og sjøfart.

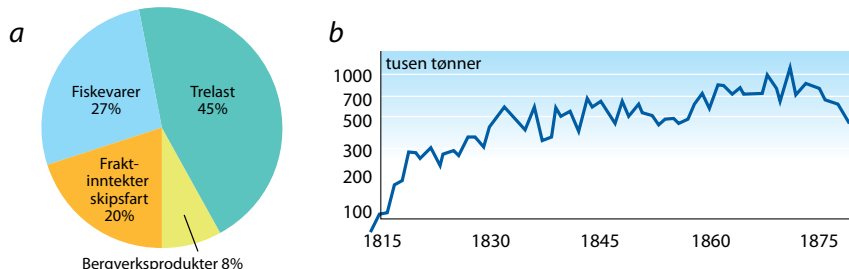
## 1800-tallet: Fiskeeksport av meget stor betydning

**Båt og redskap.** Teknologien som ble benyttet i fisket, var hovedsakelig garn, håndsnøre og line, (såkalte passive redskaper). Fisket ble drevet fra åpne, klinkbygde fartøyer, som var direkte etterkommere etter vikingskipene, Disse hadde opptil seks årepar, og utstyr og rigg av ulike typer. De lette og sterke klinkbygde fartøyene egnet seg godt langs våre værharde kyster, hvor båtene ofte måtte dras på land i dårlig vær. Ulike typer av råseil ble først benyttet. Dette var et firkanter seil som var festet til en rå, det vil si en bom som satt på tvers av masta og som holdt seilet oppe. Etter hvert ble andre typer rigg tatt i bruk.

**“Fiskeri-Norge” utvides.** De største ressursene fantes nordpå, og rundt 1800-tallet begynte sesongfisket i Lofoten og Finnmark å få betydelig størrelse. Folk reiste i åpne båter helt fra Vestlandet for å delta på sesongfisket etter skrei i Lofoten og vårtorskfisket i Finnmark. Skreien er en gytende torsk fra Barentshavet som vandrer inn på fiskebankene sørover langs kysten om vinteren og våren. På Sørvestlandet hadde man et rikt vårsildefiske, og spesielt på begynnelsen av 1800-tallet ga dette fisket eventyrlige fangster.

### Eksport av fiskeprodukter fikk en utrolig vekst på 1800-tallet, og fiskerieringen ble landets nest største gjennom hele århundret.

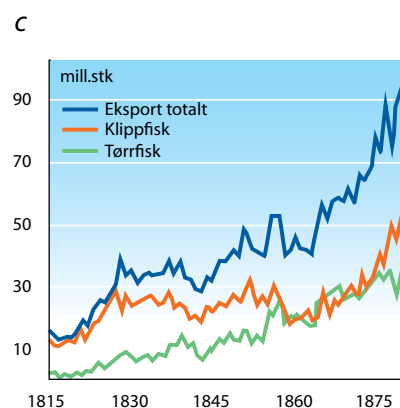
Dette skyldtes både økte fiskeforekomster og økte behov i Europa. Eksportverdien utgjorde ca. 27 % av samlet eksportverdi i begynnelsen av århundret, og økte til ca. 40 % mot slutten. Det var bare trelasteksporten som var større. Antall fiskere som deltok i sesongfiskeriene var så mye som 90 000 i 1860. Dette er et formidabelt antall når vi ser det i forhold til landets befolkning. På denne tiden bodde det totalt ca. 500 000 mennesker langs kysten, og litt færre i innlandet. Mange bønder deltok og landet ble langt på vei tømt for voksne mannfolk i periodene med sesongfiskerier.



**Fiskeri, et risikabelt yrke.** Historien forteller om mange store ulykker på havet. I 1625 ble hele den mannlige befolkningen på øya Grip borte, og på “den galne mandagen” 11. mars 1821 omkom over 300 fiskere på Vestlandet i løpet av få timer. De mest kjente ulykker er kanskje Lofotstormen i 1849 med ca. 500 omkomne, og Titranulykken i 1899 med 140 omkomne. Dette var bakgrunnen for at “Redningsselskapet” ble stiftet i 1891 som et privat selskap. I dag får selskapet tilskudd fra staten. De første redningsskøytene var seilskøyter med dekk, langt mer robuste enn de åpne fiskebåtene. Den berømte konstruktøren Colin Archer var opphavsmannen til disse fartøyene, som har vist seg å tåle det meste, jf. side 2-5.



**Fiskebåt med råseil (Nordlandsbåt) var mye brukt.** Foto: Leif Wallann



### Eksporten av fisk var av enorm betydning for Norge på 1800-tallet. Fra [12.3]

- Norges eksportinntekter i 1805. Fiskevareeksportens andel av totalen (som var på ca. 10 mill. riksdaler) utgjorde hele 27 %.
- Eksport av saltsild 1815–80
- Eksport av tørr- og klippfisk

Eksporten av fiskeprodukter i årene 1866–75 lå på vel 40 % av vareutførselens samlede verdi i Norge. Gjennom mesteparten av 1800-årene lå altså eksportverdien av fisk på 30-40 % av totalen. I 1860-årene deltok anslagsvis 90 000 fiskere i de store sesongfiskeriene. Dette var både folk fra nær- og fjernområder. De fleste rodde i åpne båter til fiskefelt/fiskevær. Les mer i Johan Boyers udødelige roman “Den siste viking”.

**Litt om glødehodemotoren, som i sin tid fikk meget stor betydning for fiskeflåten, og var spiren til utvikling av mekanisk industri langs kysten.**

En glødehodemotor ligner på en dieselmotor, men har vesentlig mindre kompresjon. Kompresjonstemperaturen blir ikke høy nok til at brenslaget selvtenner når det sprøytes inn. Det er derfor nødvendig med tenningshjelp, som oppnås ved hjelp av et ukjølt, glødende legeme i forbrenningsrommet. De lave trykkene i sylindern ga en lett konstruksjon.

Motoren var også enklere å produsere fordi den arbeidet etter totaktsprinsippet og var veivkassespylt. Men brenselsforbruket ble høyere enn for en dieselmotor. Dette medførte store diskusjoner langs hele kysten. Hva skulle det legges størst vekt på? En lettbygd og lett produserbar motor, eller en motor som var billig i drift? I første omgang "vant" glødehodemotoren, men den ble etter hvert utkonkurrert av dieselmotorene. Titusener av glødehodemotorer hadde imidlertid allerede gjort en formidabel jobb på fiskefeltene.

De hadde dessuten bidratt til etablering av en rekke mekaniske verksteder, og på denne måten blitt en spire til alle de tre superviktige næringsklyngene som vi i dag har i Norge. I alle disse er utstøvsindustri og verft av sentral betydning (se figurer på sidene 9–21, 10–48 og 12–10).

## Første halvdel av 1900-tallet: Motorisering, og nye fangstmetoder

**Krise og modernisering.** På slutten av 1800-tallet begynte fiskerinæringen å bli overbefolket, og prisene gikk ned, man kan snakke om en krise for fiskeriene. Krisen bidro imidlertid til å drive fram en teknologisk endring i fiskeflåten. Større, dekkede båter som lettere kunne følge innsigene til silda når den flyttet på seg, ble utviklet. Seilskøyter med dekk og med robåter om bord, gjorde det mulig å drive linefiske på kystbankene, som ble kartlagt på slutten av 1800-tallet. De første dampbåtene bidro sterkt til å finne nye fiskebanker og nye fiskeforekomster. Dette la grunnlaget for en kraftig vekst i klippfisknæringen som var blitt startet på Nordmøre. Kristiansund ble klippfiskby nr. én.

**Motorisering.** Motoriseringen av fiskeflåten begynte omkring år 1900. Den første, norske motorfabrikken ble igangsatt i 1901, og etter hvert ble langt over hundre motorfabrikker etablert - fra Fredrikstad til Tromsø. Disse etableringene fikk stor betydning for utviklingen av verkstedindustrien langs kysten. På slutten av 1930-tallet var 28 000 av disse motorene, som var såkalte glødehodemotorer, installert i fiskeflåten. Motorene var billige og kunne lages med relativ enkel produksjonsteknologi. De større fiskedampskipene krevde derimot betydelig kapital, og ble oftest anskaffet av velstående kjøpmenn. De rimelige motorene kunne installeres i tradisjonelle, åpne fartøyer, og ga fiskerne muligheter til å øke fangst og inntjening. Damprederiene forsvant, og motorene la grunnlaget for at de *aktive fiskerne* etter hvert overtok hegemoniet blant rederne. Senere kom det lover som fastslo at bare aktive fiskere hadde rett til å eie fiskefartøy.

**Nye, effektive fangstmetoder.** Garnlenker og snurpenot kom mer i bruk. Det ble etter hvert utviklet garnspill og vinsjer med mekanisk drift fra de nye motorene. Dette reduserte blodslitet i fiskeriene i betydelig. Snurpenot er en stor not eller fiskenett som settes rundt en fiskestim og som snøres sammen til en pose under og rundt stimen. En snurper hadde to notbåter som hang i daviter akterut. En basbåt ble brukt til å lokalisere sildestimer. Når en stim var funnet, ble notbåtene satt på vannet, med halvparten av nota i hver båt. Nota ble deretter satt i to halvsirkler, og når båtene møttes, ble nota snurpet sammen i bunnen. Snurperen kunne så legge seg inntil nota, som ble trukket opp med håndmakt, og silda ble tatt om bord med håv.

**Andre verdenskrig.** Verdenskrigen førte til store problemer for fiskeriene. Det ble store begrensninger i fangstmulighetene. De vanlige markedene brøt sammen, og det manglet drivstoff og reservedeler. Minefare og strenge kvoter førte til reduksjon av fangstmulighetene.

**Fiskerienes grunnlov.** Et sentralt politisk spørsmål i 1930-årene var konflikten mellom den fiskereide kystflåten og den framvoksende damprålerflåten, og da særlig spørsmålet om eiendomsrett til fiskefartøyer. I 1932 ble det fastsatt ved lov at fiske med trål kun var tillatt etter tildelt konsesjon, med hovedregel at bare *aktive fiskere* kunne få slik konsesjon. I 1947 ble det også lovfestet at kun aktive fiskere kunne ha eiendomsrett til fiskefartøy. Disse lovene har fiskerne siden betaktet som bærebjelker i fiskeripolitikken.

## Annen halvdel av 1900-tallet: enorm effektivisering

**Norsk fiskeriteknologi blir verdensledende.** Den andre verdenskrigen hadde ført til en rask teknologiutvikling innen elektronikk, navigasjons- og sonarteknologi. I 1960-årene skjedde det en rekke viktige begivenheter i fiskeflåten. Den første hekktråleren og det første fabrikkskipet for filetproduksjon og frysing om bord ble konstruert og bygget i Norge, og de første ringnotbåtene med kraftblokk og tverrpropeller hadde suksess. Dette satte fart i profesjonaliseringen av fiskefartøykonstruksjon i Norge, og var starten på en eventyrlig effektivisering av de norske fiskeriene. Den første norskbygde hekktråleren "Hekktind" (1960) var den første fartøydesignen i Norge som ble optimalisert ved hjelp av datamaskin. Sammen med fabrikktråleren "Longva" (1963) ble det skapt et nytt teknologisk fundament for denne type fartøyer. Norsk fiskeriteknologi ble verdensledende og er det fortsatt. Se bildet side 12-16.

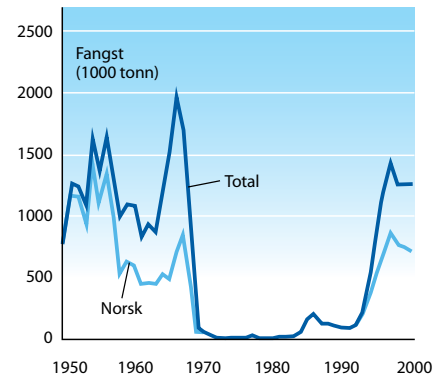
**Fangstene økte dramatisk.** Ekkolodd, kraftblokk og syntetiske materialer i not og trål muliggjorde bruk av kjempestore ringnøter og pelagiske tråler på åpent hav. Fabrikktrålerne kunne fiske på alle hav i måneder om gangen med filetproduksjon og frysing om bord.

**Overfiske.** Over hele verden førte dette til at man overskred grensene for hva fiskebestandene kunne tåle av beskatning. Overbeskatning førte til kriser for flere norske fiskebestander (se øverste figur). Innføring av fangstbegrensning og begrensning på adgangen til å drive fiske på 1970-tallet, var innledningen til en ny epoke i fiskeriene. Ressursforvaltning ble fra da av fundamentet for fiskerinæringen. Forskning på teknologi for beskyttelse av småfisk og overvåking av ressurser og fangster har gjort ressursforvaltningen effektiv og akseptert.

**Kraftig økning i effektiviteten 1950-1965** (se midterste figur). I 1950 var antall fiskere ca. 100 000 og fangstmengden ca. 1,3 mill. tonn. Flåten bestod av 120 dampskip, 12 600 dekkede motorfartøy og et stort antall åpne motorfartøy. I de neste femten årene ble antall fiskere halvert, mens antall fartøy økte fram til midten av 1960-tallet. Da var det ca. 39 000 registrerte fiskefartøy og ca. 50 000 fiskere. Fangstmengden var imidlertid økende og passerte 2 mill. tonn årlig.

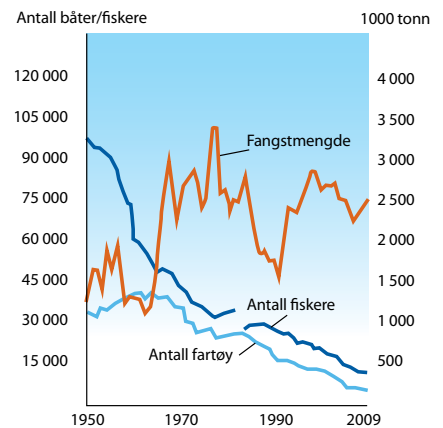
**Effektiviteten fortsetter å øke.** Fisket i norske farvann har historisk sett variert kraftig. Overfiske og naturlig variasjon av bestander forklarer mye av dette. På slutten av 1980-tallet var bestandene av sild, lodde og torsk på det laveste nivå noen gang. Fangstkvote ble kraftig redusert. Etter et lavmål i 1990 har den norske fangsten blitt nær doblet. I samme periode har både antall fiskere og fartøy blitt redusert med mer enn en tredel. I dag har 10 200 personer fiske som sitt hovedyrke, mens antallet i 1950 var over 68 000.

**Utviklingen 2000-2010.** Det vises til figur på neste side. Fangstmengden i fiskeriene i denne tiårsperioden varierte rundt 2,5 mill. tonn, som er en bærekraftig mengde. Førstehåndsverdien var i 2010 på ca. 16 mrd. kr, med en verdiskaping på ca. 27 mrd. kr (se figur på side 12-3).



### Fangstmengde sild 1950-2000

*Kollaps av den atlantoskandiske sildestammen pga. overfiske i 1960-årene. Totalforbud mot sildefiske ble innført i 1972. Det tok 30 år å gjenoppbygge bestanden.*



### Utviklingen i antall fiskebåter,, antall fiskere og fangstmengde 1950-2009. Fra [12.4]

*Kraftig økning i effektivitet (både i mengde per fisker og per båt):*

|      | Fangstmengde i tonn |         |
|------|---------------------|---------|
|      | per fisker          | per båt |
| 1950 | 12                  | 40      |
| 1980 | 60                  | 90      |
| 2000 | 120                 | 200     |
| 2009 | 200                 | 360     |

# Havbruk – en ny bærebjelke i samfunnet. Allerede viktig nå superviktig i framtiden

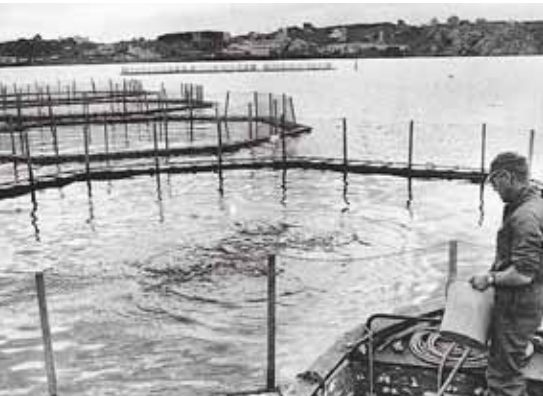
## Historisk bakgrunn

Fiskeoppdrett i ferskvann har lange tradisjoner, som i Østen går flere tusen år tilbake. Ved Nidarosdomen er det gjort arkeologiske funn som tyder på at det ble drevet kultivering av karpe der på 1500-tallet. Dette var ganske vanlig lenger sør i Europa på den tiden. Fiskeoppdrett i sjøvann har foregått i mindre enn 100 år og begynte i Japan.

I Norge kom de første klekkeriene for laksefisk tidlig på 1800-tallet. Dette ble gjort for utsetting av yngel i vassdrag for å hjelpe til med bestanden for sportsfiske. Senere ble det innført regnbueørret fra Danmark for produksjon av fisk til konsum. De første forsøkene med oppdrett i sjøvann startet i 1950-årene, da det viste seg at regnbueørret etter en tilvenningsperiode kunne oppdrettes i sjøvann. Fordelen med sjøvann var at vintertemperaturen var høyere, og at drifts- og anleggskostnader var langt lavere enn for dammer på land. De første årene var oppdrett med laksefisk basert på regnbueørret.

**Oppdrett av laks startet på Hitra.** Gjennombruddet med laks i oppdrett kom med vellykkede forsøk på Hitra i 1971. Etter dette har utviklingen innenfor oppdrett av laksefisk gått med rekordfart, basert på forskning og praktisk erfaring, stadig bedre tekniske løsninger på produksjonsanlegg (både i sjøen og på land), bedre fôrutnyttelse, vekst og kvalitet på produktene og bedre markedsføring.

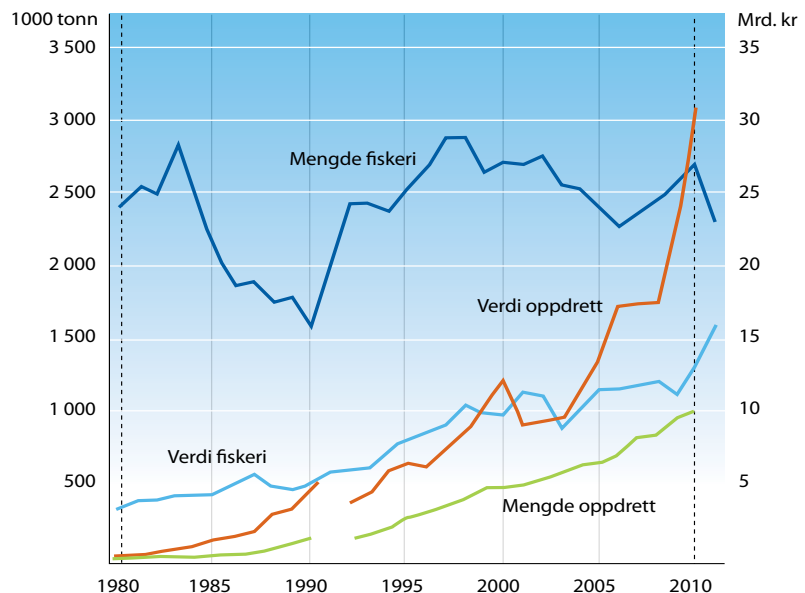
**Enestående forhold langs norskekysten.** Produksjonen av laksefisk i oppdrett er i dag basert på merder i sjøen. Norges lange kyst med strømrike fjorder, skjærgård og sund byr på ekstremt gode forhold for oppdrett av laks og regnbueørret. Fra 1960-årene til 2009, har produksjonen av laksefisk øket fra nærmest null til omtrent en mill. tonn. Dette tilsvarer fire ganger den gjennomsnittlige årsfangsten av torsk. Havbruksnæringen er blitt en betydelig næring langs kysten og er en faktor av vesentlig betydning for bosetningen i kystområdene.



**Grøntvedt-merder 1973**

## Mengde og verdi i fiskeri og oppdrett 1980-2010.

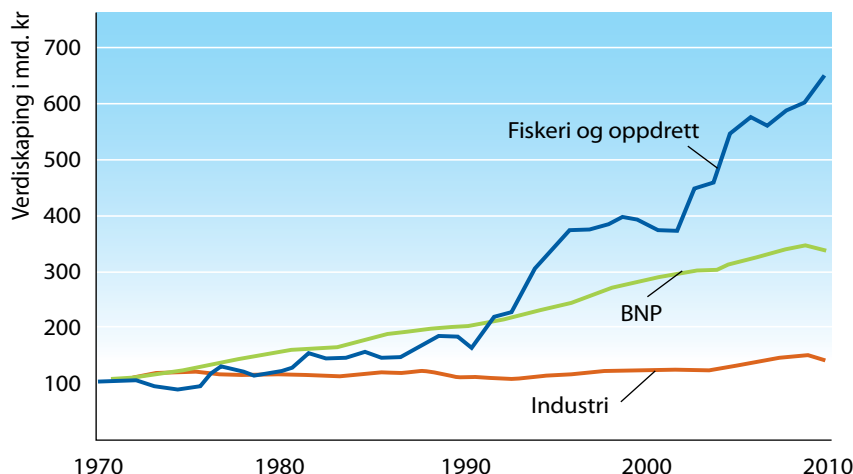
Prisene på laksefisk gjør at fisk fra oppdrett i 2010 har passert fisk fra fangst. Fra [12.4]





## Fantastisk utvikling av havbruk i perioden 2000 - 2010

**Norges raskest voksende næring.** Grafene nederst på forrige side viser at mengden laks/laksefisk fra oppdrett i perioden 2000—2010 økte fra omtrent 0,5 til 1,0 mill. tonn. Oppdrettsmengden ble altså fordoblet på ti år, noe som svarer til en årlig vekst på gjennomsnittlig 8 %. Ser vi på hele næringen, og altså inkluderer fiskeriene og utstysindustri/ fôrproduksjon, økte også verdiskapingen til det dobbelte.



Vi har allerede på sidene 12-2/3 nevnt at denne næringen er Norges raskest voksende næring. Dette fremgår tydelig av figuren over, hvor fiskeri- og havbruksnæringen er sammenlignet med verdiskapingen i resten av industrien i Norge og med landets BNP. Som vi skjønner av det forangående, kommer det viktigste bidraget til denne fabelaktige utviklingen fra oppdrett av laks og laksefisk.

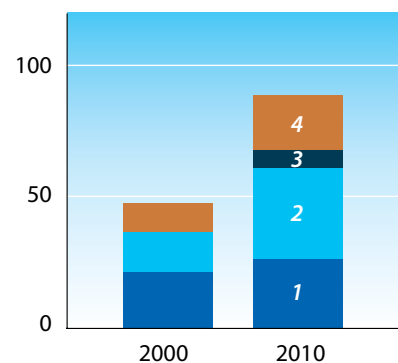
**Oppdrett av andre arter er mye vanskeligere.** Det er lagt ned betydelige ressurser i forsøk med oppdrett både av torsk, kveite og skjell, men dette har hittil ikke vært helt vellykket. Det vil føre for langt å komme inn på årsakene til dette. Oppdrett av nye arter vises knapt på søylediagrammene på side 12-3.

### Leverandørindustrien, inklusiv fôrproduksjon er viktig.

Under omtalen av skip og skipsbygging pekte vi på hvor viktig den industrien som produserer og monterer utstyr for nybygde skip, er. Du kan lese mer om dette i forbindelse med den såkalte maritime næringsklyngen på sidene 9-21, og i faktabokser på side 9-37. På tilsvarende måte er utstysindustrien av største viktighet også for fiskeri- og havbruksnæringen. Vi tenker da ikke bare på fiskebåtene og merdene selv, men også på alt annet utstyr som kreves både ute og på land. Dessuten inkluderer vi gjerne også fôrproduksjonen i dette leddet, og kaller gjerne utstysindustrien pluss fôrproduksjonen med et samle navn for leverandørindustrien.

**Næringsklyngen for sjømat snart den nest største i landet.** Vi ser av figuren til høyre at omsetningen/verdiskapingen i denne klyngen totalt var på ca. 90 mrd. i 2010. Av figur øverst side 9-21 ser vi at den totale verdiskapingen i den maritime næringsklyngen (som altså vedrører skip og skipsrelatert virksomhet) i 2009 var 122 mrd. kr. Næringsklyngen for sjømat begynner altså å nærme seg den maritime næringsklyngen i størrelse. Med den utvikling som vil skje videre, særlig innen havbruk, er det derfor bare et tidsspørsmål før næringsklyngen for sjømat er landets nest største.

**Vekst i verdiskaping i Norge, i industrien generelt og i fiskeri og fiskeoppdrett.** Fra [12.1] Siden 1990 har fiskeri / fiskeoppdrett hatt en suveren vekst sammenlignet med resten av landet.



### Utvikling av næringsklyngen for sjømat 2000-2010.

Fra [12.1] Total omsetning/verdiskaping var i 2010 nesten 90 mrd. kr, som fordelte seg omtrentlig slik:

1. tradisjonelle fiskerier: 30 %
2. oppdrett av laks/laksefisk: 40%
3. marine ingredienser (utnyttelse av restråstoffer fra fiskeri og havbruk): 5 %
4. leverandørindustri / fôrproduksjon: 25 %

Næringene 3 og 4 blir nærmere omtalt på neste side. En komplett næringsklynge for sjømat vil i framtiden også omfatte andre næringer, men disse utgjorde i 2010 samlet mindre enn 1 %.

# Den komplette, norske næringsklynge for sjømat. Framtidig utvikling



**Globale og nasjonale utviklingstrekk som vil ha betydning for utviklingen av den norske sjømatklyngen.** Fra [12.1]

Det forutsettes at vi unngår trusler av katastrofal karakter, som listet opp på side 12-3.

## Oversikt over næringsklyngen

Som nevnt i figurteksten nederst på forrige side, omfatter en komplett næringsklynge for sjømat egentlig flere næringer enn de som ble nevnt der, men som i fremtiden vil vokse betydelig. Tar vi med disse, fremkommer det vi kan kalle den komplette, norske næringsklynge for sjømat. Denne er illustrert nedenfor og beskrevet i oversikts form på neste side.

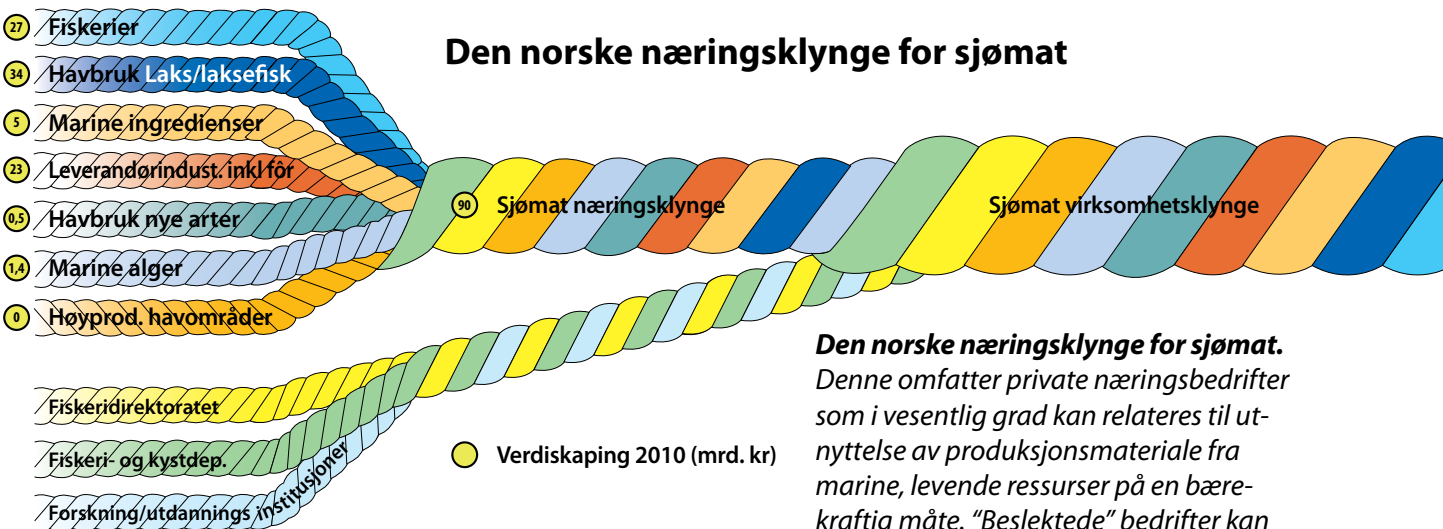
## Globale og nasjonale utviklingstrekk av betydning for næringsklyngen

De viktigste utviklingstrekene av global og nasjonal karakter er illustrert i figur til venstre. Det aller viktigste av de globale trekkene er det økte matbehovet. Et annet viktig utviklingstrekk er knyttet til helse. I begge tilfelle kan marine produkter utgjøre en stor forskjell.

## Sjømatklyngens verdiskapingspotensial

**Fantastisk konklusjon.** Vi skal se nærmere på hvilken verdiskaping den komplette sjømatklyngen kan representere i dag (2010) og i fremtiden (2050), og baserer oss da på en omfattende rapport fra en ekspertgruppe [12.1]. Et kortfattet utdrag av denne er beskrevet på neste side. Her er potensialet til verdiskapingen begrunnet nærmere, og oppgitt i milliarder kroner så langt fram som i år 2050. Denne utviklingen ble presentert i figur allerede i innledningen til dette kapitlet (se side 12-3). Analysen leder fram til en nesten utrolig konklusjon: I 2050 kan den norske sjømatklyngen komme til å gi en verdiskaping på over 500 milliarder kroner, et tall som er sammenlignbart med eksportverdien av dagens olje- og gassutvinning. Og vi skjønner alle den betydning det vil komme til å få.

### Næringer



## Den norske næringsklynge for sjømat

### Den norske næringsklynge for sjømat.

Denne omfatter private næringsbedrifter som i vesentlig grad kan relateres til utnyttelse av produksjonsmateriale fra marine, levende ressurser på en bærekraftig måte. "Beslektede" bedrifter kan ordnes i grupper. Disse kan vi kalle næringer eller næringsgrupper. De er nærmere definert på neste side.

| Næringer/næringsgrupper   | Framtidig utvikling av sjømatklyngen  | 2010   | 2050                                |
|---|---|--|-------------------------------------|
| <p><b>Fiskerier.</b> Høsting av torskefisk, pelagiske arter, bunnfisk, skalldyr og bløtdyr. Verdikjedene omfatter: leting, fangst, ilandføring, prosessering (alt som skjer med fisken i etterkant, om bord og/eller på land), og salg/eksport. (Verdiskaping ifm. produksjon av fiskebåter, redskap og utstyr er ikke tatt med her, men under utstyrsindustri, se nedenfor).</p> | <p>Økt <b>høstmengde</b> baseres på:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• økt høsting på lavere trofisk nivå</li> <li>• flere arter og størrelser av fisk og skalldyr høstes og <b>alt</b> bringes på land</li> <li>• optimal forvaltning av bestandene.</li> </ul> <p>Videre baseres økt <b>verdiskaping</b> på:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• økende knapphet på mat, økte krav om sunn mat</li> <li>• økt kjøpekraft i verden</li> <li>• økt kunnskap bakt inn i produktene</li> <li>• økt automasjon i bearbeiding av fisken</li> <li>• økt utnyttelse av restråstoff</li> </ul> | <p>Mengde [mill tonn]:</p> <p><b>2,7</b></p> <p>Verdiskaping [mrd kr]:</p> <p><b>27</b></p>    | <p><b>4,0</b></p> <p><b>40</b></p>  |
| <p><b>Havbruk, laks og laksefisk</b><br/>Oppdrett av laks dominerer. Verdikjeden omfatter: produksjon av stamfisk, settefisk og matfisk, slaktning og foredling og eksport/salgsvirksomhet.</p>   | <p>Laks vil stadig være den dominerende arten.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De viktigste premisene for økt <b>høstmengde</b> baseres på: løsning av relevante miljøproblemer, som omfatter genetisk påvirkning og rømning, sykdom, forurensning og utslipp, arealbruk og fôrressurser.</li> <li>• I tillegg kommer økt <b>verdiskaping</b> av de samme årsaker som spesifisert ovenfor i forbindelse med fiskeriene.</li> </ul>   | <p>Mengde [mill. tonn]:</p> <p><b>1,0</b></p> <p>Verdiskaping [mrd. kr]:</p> <p><b>34</b></p>  | <p><b>5,0</b></p> <p><b>238</b></p> |
| <p><b>Marine ingredienser.</b> Her menes verdikjeder basert på restråstoffer fra fiskerier og havbruk. Mesteparten av disse utnyttes til produksjon av olje, proteiner og biokjemikalier til fôr og konsum, mens omtrent 20 % kastes.</p>   | <p>Siden både fangstmengder i fiskeriene og oppdrettsmengder vil øke, vil også restråstoffmengdene øke kraftig. Økende fileteringsgrad virker i samme retning. Dessuten vil det komme nye råstoffkilder, både fra tarehøsting/tareproduksjon (se nedenfor), og fra såkalt marin bioprospektering (leting etter interessante biomolekyler i marine miljøer). Satsing på innovasjon og forskning er da viktige premisser.</p>   | <p>Mengde [mill. tonn]:</p> <p><b>0,9</b></p> <p>Verdiskaping [mrd. kr]:</p> <p><b>5,0</b></p> | <p><b>4,4</b></p> <p><b>70</b></p>  |
| <p><b>Leverandørindustri.</b><br/><b>a) Fôrproduksjon</b> baseres på "industrifisk", avfall fra fiskerier og landbruk).<br/><b>b) Utstyrsindustrien</b> leverer anlegg, utstyr, varer og tjenester som er nødvendig i fiskeriene og havbruket samt i prosesseringsindustrien.</p>   | <p>Dette er en viktig del av næringsklyngen for sjømat:</p> <p><b>a) Fôrproduksjonen</b> vil baseres på økende grad av egne fiskerier, utnyttelse av utkastene fra de vanlige fiskeriene, og landbruksprodukter. Må senere også baseres på: dyreplankton (krill, raudåte), tare og landbruksavfall.</p> <p><b>b) Utstyrsindustrien</b> omfatter bl.a. for fiskeriene: fartøy/fiskeredskap og utstyr ombord og på land. For havbruk: merder, landanlegg og utstyr. Prosesseringsindustrien krever også utstyr. Eksport av kompetanse og utstyr er også tatt med.</p>   | <p>Verdiskaping [mrd. kr]:</p> <p><b>23</b></p>  | <p><b>124</b></p>                   |
| <p><b>Havbruk, nye arter.</b> Det har lenge vært drevet oppdrett av torsk og kveite, men med skuffende resultater (bl.a. stort svinn, les mer i faktaboks side 12.xx). Heller ikke dyrking av blåskjell, kamskjell, østers og skalldyr har vært noen suksess.</p>   | <p>Norge er verdensledende når det gjelder kunnskap om oppdrett av torsk og kveite. Oppdrettsmengden vil stadig øke, om enn mye langsommere enn for laks. En annen, framtidige metode for oppdrett, er såkalt IMTA (Integrert Multitrofisk Akvakultur). Her dyrkes tare, og blåskjell så nær laksen at utslipp av næringsalter og organisk materiale fra denne utnyttes direkte. Oppdrett av rensefisk (f.eks. bergnebb) er også interessant. Denne brukes til å redusere lusenivået i oppdrett av laks.</p>  | <p>Verdiskaping [mrd. kr]:</p> <p><b>0,5</b></p>   | <p><b>2,5</b></p>                   |
| <p><b>Marine alger.</b> Marine alger er planter (fotosyntesen gjelder). <b>Mikroalger</b> er encellede organismer som finnes overalt hvor sollys slipper ned i havet. <b>Tang og tare</b> er flercellede organismer (makroalger).</p>   | <p><b>Mikroalgene</b> er de mest produktive på jorda, 35 000 forskjellige arter er beskrevet, men dette er kanskje bare 10 % av det totale antall arter. Pga. størrelsen er det vanskelig å høste dem. Omega-3 fettsyrene i fisk kommer fra mikroalger, som også gir en vrimmel av andre muligheter til utnyttelse (innen medisin/helse, mat og energi). For mat- og energiformål (f.eks. biodiesel) er det enklere å dyrke/høste <b>tare (altså makroalger)</b>.</p>   | <p>Verdiskaping [mrd. kr]:</p> <p><b>1,1</b></p>   | <p><b>40</b></p>                    |
| <p><b>Høyproduktive havområder.</b> Med det menes havområder der produksjonen gjennom naturlige prosesser eller ulike inngrep kan styres mot høy, høstbar avkastning av attraktive arter av dyr og planter.</p>   | <p>Tiltak som kan bidra til høstbar produksjon av ønskede arter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kunstig skapt oppstrømning (oppvelling), eventuelt i kombinasjon med energiproduksjon.</li> <li>• kunstige rev som forbedring av enkelte arters biotop, øker også produksjon generelt.</li> <li>• yngelteknologi for aktuelle arter.</li> <li>• metoder for utsetting, forsterkning av ønskede arter.</li> <li>• ROV-teknologi for overvåking og høsting av dyrkede organismer</li> </ul>   | <p>Verdiskaping [mrd. kr]:</p> <p><b>0</b></p>   | <p><b>25</b></p>                    |

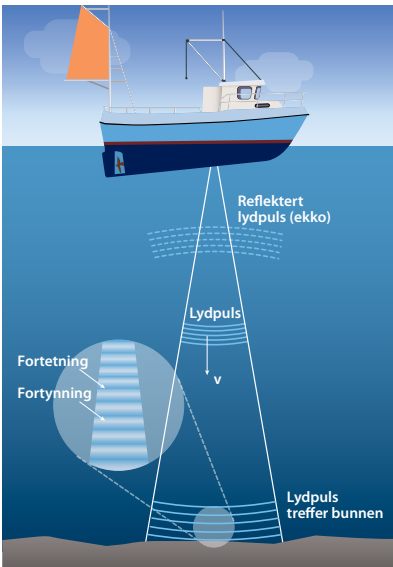
## Fiskeriteknologi

# Hvordan finne fisken?



**Så lenge vi har drevet fiske, har hovedproblemet vært det samme: å finne fiskestimen!**

Observasjon av fugler har alltid vært brukt. Bruk av loddstreng er en annen, gammel metode. Ved landnotfiske av sild og brisling, rodde notbasen rundt med en blyklump hengende i en messingtråd. Han kunne kjenne fisken støte mot tråden - antall støt fortalte hvor tett den sto, og styrken sa noe om hvor stor fisken var.



**Prinsipp for måling av avstand ved hjelp av ekkolodd**

Avstand ( $A$ ) til fiskestim eller bunn bestemmes av

$$A = 2 \cdot v \cdot T$$

Her er:

$v$  = lyd pulsens midlere forplantningshastighet, se side 11-11

$T$  = tid mellom utsending av lyd-puls og retur av ekkopuls

## Litt mer fysikk om lydbølger under vann

Først bør du repetere det du har lest i fysikken generelt om bølger og lyd. Les også på nytt side 11-11 om lydforholdene i vann.

**Prinsipp for ekkolodd.** Lydbølger i vann sprer seg fra en lydkilde. Dette kan være en vibrerende plate i et skipsskrog som sprer støy i vannet, eller svingeren i et ekkolodd som sender signaler ut i vannet i korte pulser, og som så venter til den får ekko tilbake fra bunnen eller fra fisk. Ved å måle tiden fra pulsen sendes til ekkoet kommer tilbake, kan dybde eller avstand til fisk beregnes og vises på skjerm.

## Lyd går lenger enn elektromagnetiske bølger under vann.

Lydintensiteten på ekkoet reduseres i vannet på grunn av spredning og absorpsjon. Spredningen er proporsjonal med avstanden til lydkilden i andre potens. Absorpsjonen er proporsjonal med frekvensen i andre potens. Det innebærer at lavfrekvent, altså langbølget, lyd bærer lenger enn kortbølget lyd. Alle elektromagnetiske bølger, for eksempel lys og radiobølger, absorberes raskt i vann. Lyd er derfor viktigere enn lys for å kunne "se" og kommunisere under vann innen all marin aktivitet. Det er derfor viktig å kunne bygge støysvake skip som ikke forstyrrer lydforholdene i havet eller havets fauna.

**Fortetninger og fortynninger av vannmolekylene.** Lydpulsene består av et passende antall bølger, avhengig av formålet. Energien fra svingeren sprer seg kuleformet, som bølger bestående av høytrykk med kort avstand mellom molekylene, og lavtrykk med lengre avstand (fortetninger og fortynninger, se figur).

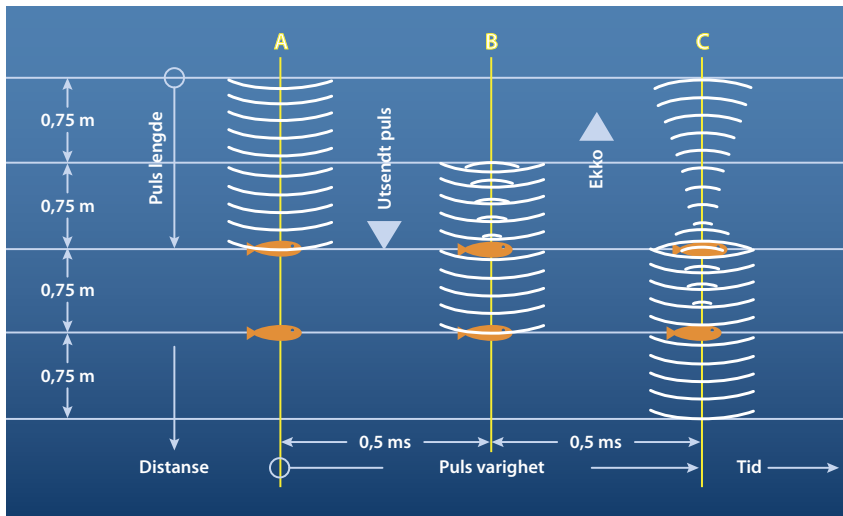
**Lavfrekvent lyd har større bølgelengde og rekkevidde.** Mennesket hører frekvenser fra 20 Hz til 12 kHz. Vanlige frekvenser for ekkolodd ligger over det hørbare området. Lavfrekvent lyd, basstoner, har lang bølgelengde og lang rekkevidde, mens høyfrekvent lyd har kort bølgelengde med høyere absorpsjon og kortere rekkevidde. Absorpsjon er energitap som oppstår på grunn av vannets viskositet.

**Lydstyrke.** Når lydkilden har stor trykkamplitude, settes molekylene i kraftige bevegelser, og de pakkes ekstra tett sammen i høytrykks-sone. En sterk lyd skyldes altså at molekylene i lydbølgen stues tett sammen. Dersom lyden er svak, er avstanden mellom molekylene større. Vi har alle erfart at lydstyrken blir svakere jo lenger unna lydkilden er. Dette skyldes at avstanden mellom luftmolekylene blir større, og det vil si at trykkamplituden blir mindre.

## Ekkolodd

**System.** Et komplett ekkoloddssystem består av en svinger (høytaler/mikrofon) montert i bunnen av et fartøy, samt elektronisk utstyr som styrer pulslengde og puls-frekvens, mottar ekko og tyder og viser resultater på skjerm. Svingeren, som er neddykket i vannet, sender trykkbølger av en gitt frekvens og styrke ut i vannet, og fanger også opp ekko.

Svingerens overflate blir satt i svingninger ved hjelp av elektriske signaler. En svinger både sender ut lydsignaler og mottar ekko fra bunn og fisk. En ny puls sendes ikke ut før ekkoet fra den forrige er kommet tilbake.



**Oppløsningsevne.** Den informasjon en kan forvente å få fra et ekkolodd avhenger av rekkevidden og oppløsningsevnen. Med det sistement vi hvor godt det kan skille mellom enkeltfisk i vannet. Dette avhenger blant annet av senderens frekvens og pulslengde.

**Tidsvariabel forsterkning.** Figuren over viser en lydimpuls fra svingeren under en fiskebåt ved tre forskjellige tidspunkter. Idet en lydimpuls treffer den første fisken, sendes et ekko tilbake mot båten. Ekkoet fra fisk langt nede blir svakere enn ekkoene fra fisk lenger oppe i vannsøylen når de kommer tilbake til fartøyet. For å gi et mest mulig korrekt bilde av fiskemengden, blir ekkoene elektronisk forsterket i instrumentet, avhengig av hvor lang tid som er gått etter at pulsen ble sendt (tidsvariabel forsterkning). Dette er viktig hvis en skal bruke ekkolodd til å bestemme fiskemengden som er til stede.

Figuren viser at en pulslengde på ett millisekund (pulslengde lik 1,5 meter) gjør det mulig å skille mellom to fisker med en vertikal avstand på 0,75 m eller mer. Ekkoet fra den nederste fisken må ikke nå igjen ekkoet fra den øverste. Dette kalles radiell oppløsningsevne.

**Sonar**

**Ekkolodd som "ser" både forover og til siden.** Rekkevidde avhenger som tidligere nevnt, av bølgelengde og lydstyrke. For å oppdage fiskestimer på lang avstand med sonar, lar en ofte lydstrålen gå nærmest horisontalt og bruker lave frekvenser og lange pulser. Dermed får en sendt mer energi ut i vannet, samtidig som absorpsjonen blir forholdsvis lav. Fiskestimer kan slik oppdages på flere kilometers avstand.

Figuren viser lydstrålen fra en sonarsvinger omtrent to sekunder etter at en puls ble sendt. Etter litt over et sekund traff pulsen en enkelt fisk, som sendte et ekko tilbake mot fartøyet. Ekkoet har nå nådd nesten helt til svingeren. Etter to sekunder har pulsen begynt å trenge inn i en fiskestim, og ekkoet fra stimen har startet opp. I slutten av dette kapitlet er det gitt en beregningsoppgave med utgangspunkt i den viste figuren. Løs både denne og øvrige oppgaver. Der tas det opp litt mer stoff om disse uunnværlige målemetodene.

**Oppløsningsevne for et ekkolodd med senderfrekvens 10 kHz og 10 svingninger pr. puls.**

Pulslengden blir da:  
 $L = 10 \cdot v / f = 10 \cdot (1500 \text{ m/s}) / (10 \cdot 10^3 \text{ Hz}) = 1,5 \text{ m}$   
 Varigheten av en lydimpuls blir:  
 $t = L/v = 1,5 \text{ m} / (1500 \text{ m/s}) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 1 \text{ ms}$

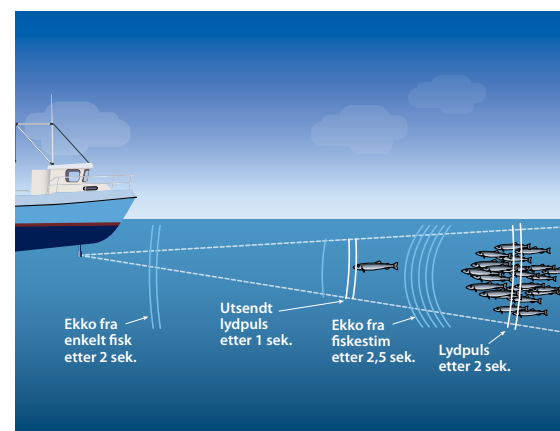
Legg merke til at m brukes som symbol både for "meter" og "milli".

Figuren viser situasjonen ved tre ulike tidspunkter:

A. i det øyeblikk lydimpulsen treffer fisk nr.1 og begynner å sende et ekko tilbake.

B. 0,5 ms senere, idet pulsen treffer fisk nr. 2 og begynner å sende ekko nr. 2 tilbake

C. etter ytterligere 0,5 ms. Vi ser at ekko nr. 2 ikke når igjen ekko nr.1. Dette betyr at oppløsningsevnen altså er 0,75 m



**Måling av avstand ved hjelp av en sonar.**

En sonarsvinger kan beveges både i horisontalplanet og vertikallplanet, avhengig av hvor man vil søke.

## Fiskeriteknologi

# Hvordan fange fisken?

### De viktigste fiskeriene. 2011-fangster i mengde og % av total førstehåndsverdi

|         | Mengde,<br>mill.tonn | Verdi,<br>% av total |
|---------|----------------------|----------------------|
| Torsk   | 0,34                 | 24                   |
| Sild    | 0,63                 | 21                   |
| Makrell | 0,21                 | 16                   |
| Sei     | 0,19                 | 9                    |
| Hyse    | 0,16                 | 8                    |
| Lodde   | 0,36                 | 5                    |
| Andre   | 0,40                 | 17                   |
| Sum     | 2,29                 | 100                  |

## De viktigste artene i de norske fiskeriene

I faktaboksen til venstre ser vi at torsk i 2011 var viktigst regnet i fangstverdi, mens fangstmengden var størst for silda.

## Fiskeredskapene

Disse deler vi vanligvis inn i to hovedgrupper:

- passive redskaper som fisken må «oppsøke».
- aktive redskaper som «oppsøker» fisk og fiskestimer.

De viktigste redskapene for yrkesfiske i Norge er garn, line, trål, ringnot og snurrevad. Det er her bare plass til korte beskrivelser av disse.

**Bærekraft/seleksjon:** For å få bærekraftige fiskerier må vi unngå fangst av uønskede arter og småfisk, ha lavt utslipp av klimagasser, samt unngå ødeleggelse av havbunn og miljø. De ulike redskapene er svært forskjellige i så måte.

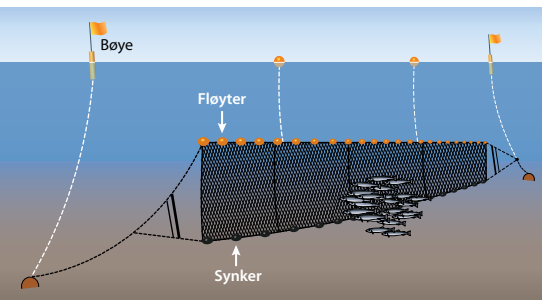
## Fiske med passive redskaper

**Garnfiske.** Garnfiske har lange tradisjoner. I Norge brukes garn først og fremst for bunnfisk. Maskestørrelsen tilpasses størrelsen på fisken en skal fange - en prøver å unngå å fange småfisk. Fisk som vandrer eller leter etter mat, vikler seg inn i maskene. Yrkesfiskerne bruker garn med en lengde på ca. 28 m, som settes i lenker med 30–60 garn, avhengig av forholdene, med en ile i hver ende. En ile er en dregg med iletau og ilebøye, og en påsatt stang med lys/flagg/reflektor for gjenfinning. Døgndrift, (en tur pr. døgn) er vanlig i kystflåten.

**Bærekraft/miljø:** Denne passive redskapen sees på som selektiv, men kan ofte gi lav fangstkvalitet. Tapte garn av syntetiske materialer kan fortsette å fiske i lange tider og ta livet av store mengder fisk. Dette kalles "ghost fishing". Garnfiske har et forholdsvis moderat forbruk av fossilt brensel.

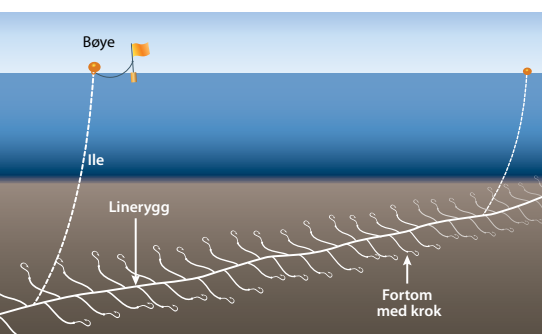
**Linefiske.** Line er et passivt redskap som består av et langt snøre eller tau, lineryggen, som ofte er av spunnet polyester (terylene). Taudi- ameteren kan være ca. 5 mm i kystfiske og 10 mm i havfiske. Linerygg av monofilamentnylon (sene) er også brukt i kystlinefisket, men sjelden i havfiske. Krokene er festet til lineryggen med tynne «forsyn» av monofilament eller terylene med diameter på et par mm og en lengde på 0.5–0.8 m. Avstand mellom krokene 1,2–1,8 m. Linene er utstyrt med iler på samme måte som i garnlenker. Linefiske drives på båter fra 7–8 meter til 50–60 meter.

Krokene egnes, med sild, makrell eller akkar. Utgiftene til agn er betydelige. I kystfiske egnes linene på land for hånd, og kveiles i stamper. Hver stamp tar ca. 500 m line, og denne har ca. 400 kroker. De havgående linefartøylene, med en lengde på 40–60 m, bruker egnemaskiner som kutter agn og egnert under setting. Linene kan være opp til 50 km lange og ha 40 000 kroker. Da er det vanlig å bruke flere iler. Setting av line går ganske raskt, mens haling er tidkrevende på grunn av fare for å slite av lina eller miste fisk. Halehastigheten varierer fra 0,5 til 1,0 m/s. Linefiske gir god fangstkvalitet og gode priser på fisken. **Bærekraft/miljø:** Metoden har et moderat brenselforbruk, spesielt i kystfisket, og påvirker miljøet forøvrig lite.



### Garn – skjematisk vist

Garnet holdes oppe av fløyt eller flytetau, og nederst har garnet søkker eller blytau. Maskestørrelsen avgjør hvor mye småfisk som fanges.

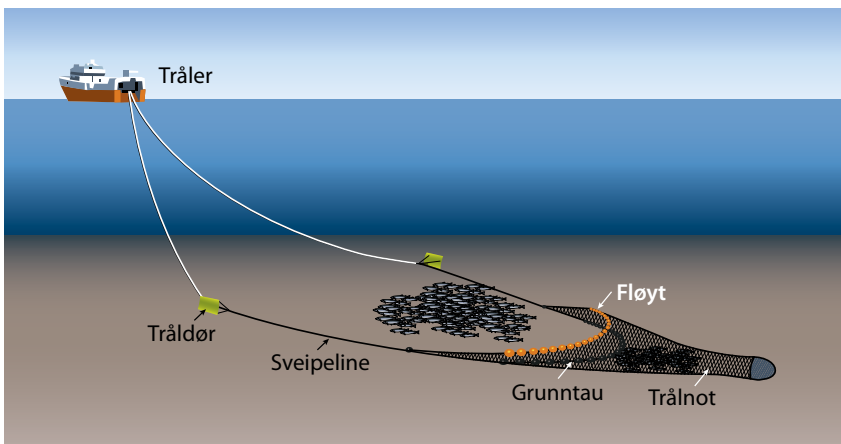


### Line – skjematisk vist

Figuren viser en bunnline. Det finnes også fløytliner, som holdes oppe fra bunnen av fløyt på lina.

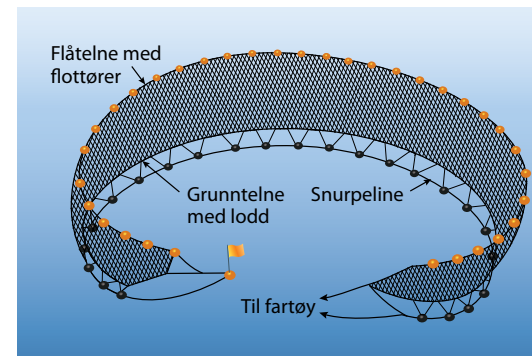
## Fiske med aktive redskaper

**Fiske med ringnot.** Denne redskaper kalles også snurpenot, og er et aktivt redskap for stimfisk, som sild, lodde, makrell og sei. Maskestørrelsen må ikke være så stor at fisken setter seg fast, og tilpasses størrelsen på fisken som skal fanges. Fiskestimen finnes ved hjelp av sonar/ekkolodd, og deretter settes nota rundt stimen. En not kan være 800 m lang og 250 m dyp. Når bøye, drivanker og første enden av nota er om bord i fartøyet igjen, snurpes nota sammen i bunnen ved hjelp av en wire som går gjennom snurperinger festet til blytelna nederst på nota. Wiren trekkes inn av snurpevinsjer. Den andre enden av nota trekkes så inn ved hjelp av kraftblokk eller notvinsj, slik at fisken trenges sammen. Fisken håves, pumpes eller suges om bord, der den oftest oppbevares i kjølt sjøvann (RSW). **Bærekraft – miljø:** Riktig brukt, er snurpenot den mest energieffektive redskaper, i tillegg til å ha lav miljøpåvirkning for øvrig.



**Trålfiske.** Trålen er et aktivt fiskeredskap som består av en traktformet nettpose som slepes av en tråler. I prinsippet siler den havet. For bunnfisk og reker brukes naturlig nok bunntrawl, mens stimfisk fanges med pelagisk trål. Vanligvis slepes en trål med to trålwirer. Disse er nederst festet til to tråldører (lemmer) som holder trålen åpen sideveis. Bakerst er det en fiskepose av tykk tråd med maskevidde etter regelverket. Den er festet til belgen/trålnoten med et traktformet mellomstykke. Derfra går det nettinger på hver side forover. Disse festes til sveipeliner som overfører trekk- og spredekraft fra tråldørene til grunntauet og fløytlina på vingene. Grunntauet er en kraftig stålwire med kuler av stål eller gummi (bobbins). Disse forhindrer at trålen setter seg fast i bunnen. Fløytlina med flottører sørger for vertikal åpning på trålen. **Bærekraft – miljø:** Siling av havet krever naturlig nok mer energi enn passive redskaper. For å sørge for god seleksjon, finnes det regler for maskevidde. I tillegg kreves det bruk av rister av stål eller plast som bidrar til bedre seleksjon. For å beskytte havbunnen forsøker en å utvikle en pelagisk trål som kan fange fisk nær bunnen uten å påvirke denne.

**Fiske med snurrevad.** Snurrevad har likhetstrekk med både trål og snurpenot. Vingene er mye lengre enn på trål. I tillegg har nota to tauarmer med bly- eller wirekjerne, på over 2000 m. Først settes ei blåse ved A, deretter settes 2000 m tau, siste del som en kvart sirkel. Nota settes ved B, deretter siste tauarm, og ved C stettes kursen tilbake mot blåsa. Den tas om bord og vinsjene trekker så inn tauarmene. Det kan ta omtrent en time å ta fisken om bord. Fangsten har svært god kvalitet; store deler av fangsten kan ofte leveres levende. **Bærekraft – miljø:** Dette er et energieffektivt fiske, som påvirker naturen lite.

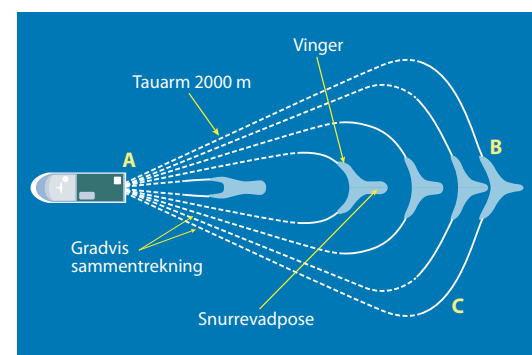


### Ringnot, skjematisk vist

Til snurpeline benyttes en wire. For å holde nota oppe brukes flottører av plast. På grunntelna er det inntreidd lodd slik at nota skal synke.

### Utforming av moderne bunntrawl

Til nettingene er det festet store stålkuler, og fra disse går en wire, kalt sveipeline, fram til hver av tråldørene. Disse er forsynt med stålbøyer som trålwirerne (som sleper trålen) er festet til. Det er viktig at tråldørene får riktig vinkel med fartsretningen, slik at de klarer å holde trålnota utspilt sideveis. Virkemåten av trålen er slik at når den slepes, så vil tråldører og sveipeliner skremme fisken inn mot åpningen av trålnota.



### Prinsipp for snurrevad

Snurrevad "siler havet" på samme måte som en trål, særlig mot slutten av sammentrekkingen. Den ligner også på en trål ved at fisken skremmes inn i notåpningen. Utsettingen minner om ditto for en ringnot med store dimensjoner.

## Fiskeriteknologi

# Den norske fiskeflåten



**Banklineskøyte ca. 1880.**  
Fisket med doryer på Storegga osv.



**Notbåter for snurpenot ca. 1952.**



**Snurper ca. 1955.**



**Kraftblokksnurper ca. 1960.**



**Hekktind - første norskbygde hekktråler 1962.**



**Longva - første norskbygde fabrikktråler 1962.**

## Antall fiskefartøyer

Antallet har stadig gått nedover (se figur side 12–7). På det meste (i 1960) var det oppe i mer enn 41 000 fartøyer. I 2011 var dette tallet sunket til 6252. Det er antall småbåter (sjarker) som har blitt redusert, men flåten bestod i 2011 fortsatt av 5600 slike båter (se tabell på neste side). Flåten fornyes imidlertid kontinuerlig, og nye båter er både større og mer effektive, slik at fangstmengdene likevel kan holdes oppe på det nivået som til enhver tid er vurdert som bærekraftig. Samtidig tas det bedre vare på rester av fisken, slik at verdiskapingen stadig øker (se side 12–11).

## Størrelser og typer.

**Lengde.** Vi bruker gjerne lengden når vi skal angi fiskefartøyers størrelse. Lengdebegrensning har vært brukt i forskjellige øyemed. Kravene til fartøyenes konstruksjon og skipperens kompetanse øker med økende lengde. Viktige grenser for mindre fartøyer er 35 fot (10.67 m), 15 m og 24 m. Lengdebegrensning har også vært et viktig tiltak for å begrense flåtens fangstkapasitet. Et kystfiskefartøy kunne ikke være lengre enn 90 fot (ca. 28 m). Dette førte til bygging av "paragraf"-båter med stor bredde, høyt Froudes-tall og stor motstand. Begrensninger av lignende art har vært i bruk i havfiskeflåten. Dette avløses nå av begrensninger på lasteromsvolum. Diagrammet på neste side viser hvordan antall fiskefartøyer varierer med størrelsen.

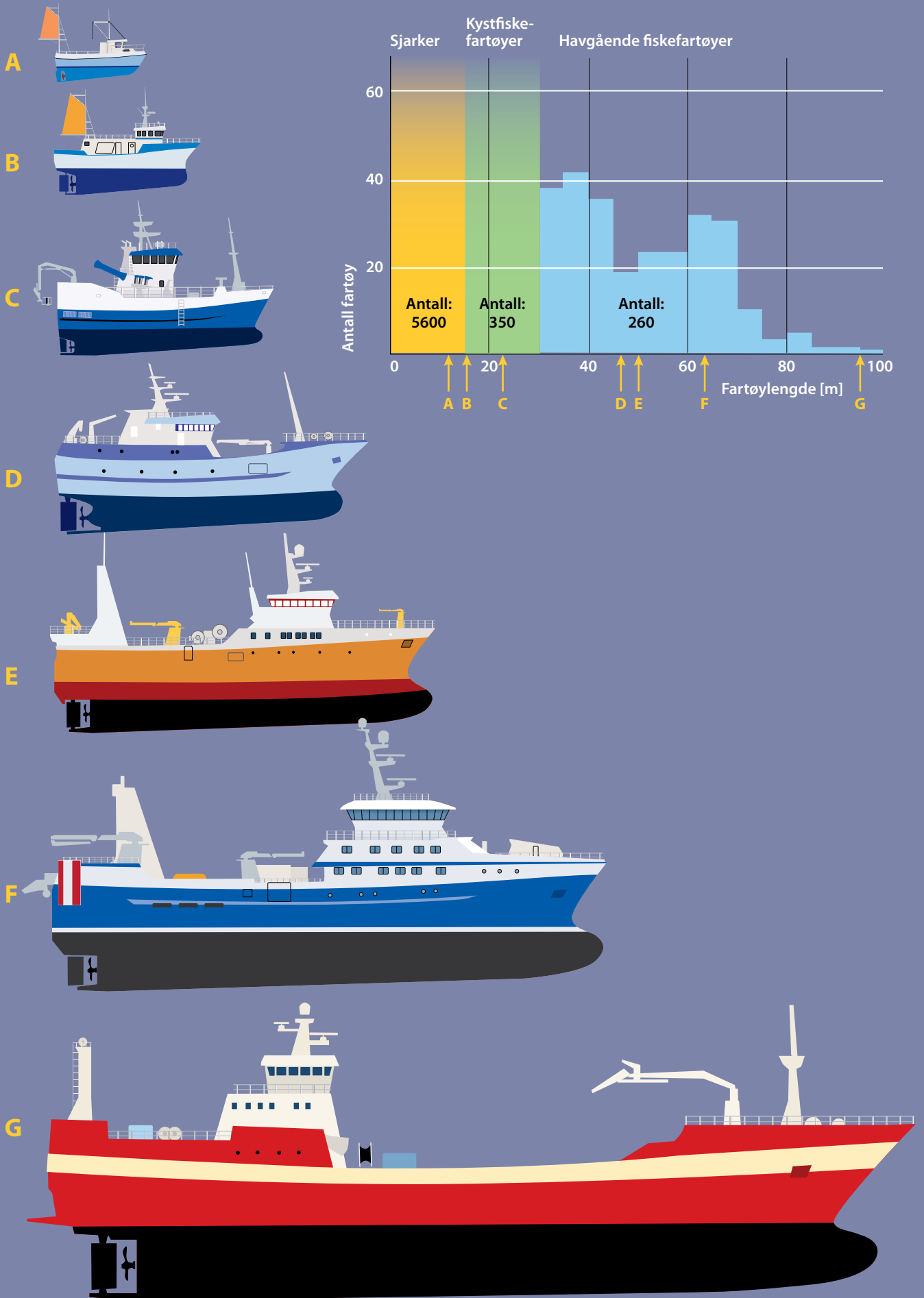
**Typer fiskefartøyer.** Det finnes en vrimmel av ulike typer. De får ofte betegnelser etter hvilke fiskeredskaper de anvender. På neste side er bare noen få eksempler vist.

## Eksempler på fiskefartøyer i den norske fiskeflåten

- A. Sjark.** Et lite kombinasjonsfartøy under 35 fot som driver fjord- og kystfiske. Mannskap 1–3 mann. Kan fiske med flere forskjellige redskapstyper. Betegnelsen brukes nå for fartøy opp til 15 m.   
Fart ca. 7 knop.
- B. Lite kystfiskefartøy - stor sjark.** Lengde ca. 15 m. Redskaper: line, garn, snurpenot og snurrevad. Bemanning: 4-6 personer.   
Fart ca. 9 knop.
- C. Kystsnurper.** Lengde ca. 22 m. RSW- tanker 150 m<sup>3</sup>.   
Fart ca. 10 knop. Bemanning 7–8 personer.
- D. Autolinefartøy.** Lengde opptil 60 m. Fangsten sløyes og fryses. Fryserom 700 m<sup>3</sup>. Mannskap opp til 18 personer.   
Fart ca. 13 knop.
- E. Hekktråler.** Lengde ca. 46 m. Ferskfisk, (fisken sløyes og lagres i kasser med is). Lasterom 400 m<sup>3</sup>. Bemanning 16 personer.   
Fart ca. 13 knop.
- F. Fabrikkskip.** Lengde ca. 70 m. Fartøyet kan fiske med trippeltrål. Anlegg for både plate- og tunnelfrysing. Lasterom over 1000 m<sup>3</sup>. Bemanning : over 20 personer.   
Fart ca. 16 knop.
- G. Ringnotfartøy/pelagisk tråler.** Lengde 94 m. RSW-anlegg for kjøling av fangst. Lasttankkapasitet 2300 m<sup>3</sup>. 19 lugarer.   
Fart ca. 20 knop.



# Den norske fiskeflåten anno 2011



## Fiskeriteknologi

# Energiforbruk ved tråling

### Data for trålefartøy

Lengde,  $L_{pp} = 34 \text{ m}$

Bredde  $B = 10,3 \text{ m}$

Dyppgang full last  $D = 4,70 \text{ m}$

Volumdeplasement  $V = 1048 \text{ m}^3$

Dødvekt: 376 dwtonn

Rom for fryst/ kjølt last:: 343  $\text{m}^3$

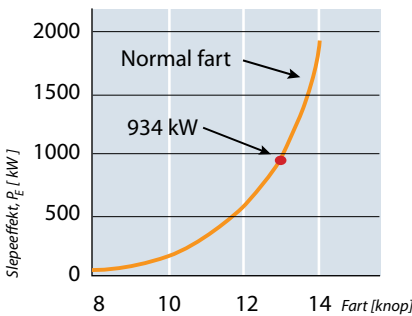
Effekt hovedmotor,

$P_{e, MCR} = 1900 \text{ kW}$

Normal fart:  $v = 13 \text{ knop}$

Hjemmehavn: Stamsund

Fisker torsk på Nordkappbanken,  
330 nautiske mil borte



**Motstandseffekt i kW for et skip med data som gitt ovenfor, fra dataprogrammer Freeship (se side 3–15).**

### Data for trål:

Trålefart: 4 knop

Kraft for sleping av trål: 110 kN

Gjennomsnittlige verdier for:

- fangstrate henregnet til hele turen: 15 tonn/døgn
- fangstrate ved tråling: 2,2 tonn/t
- tid med trål ute: 4 timer per hal
- tid til haling, tømning og skyting av trål: 1 time per gang
- effektbehov ved haling: 200kW

### Data for behandling av fangst

Fangsten hodekappes og sløyes om bord. Alle rester fryses og tas med tilbake til Stamsund havn, hvor de bearbeides til fôr for oppdrettsnæringen. Her blir også den sløyde fisken bearbeidet til filet. Fileten utgjør 40 % av rundfisken. Den sendes med vogntog til Paris (3330 km).

De moderne trålfartøyene har utviklet seg til rene "fiskemaskiner". Ekkolodd og elektroniske instrumenter kartlegger fiskeforekomstene, og trålen har kapasitet til å hente opp store mengder fisk. Trålere som opererer langt fra sin base har gjerne stor frysekapasitet, slik at fangsten kan dypfryses om bord. Disse kalles gjerne for frysetrålere. På store frysetrålere, såkalte fabrikkskip, blir fisken også filetert før den fryses. For fiske langt ute på kystbankene benyttes ofte ferskfisktrålere, der fisken blir bløgget, sløyet og vasket, og deretter holdt avkjølt med is eller nedkjølt sjøvann til den leveres på et fiskemottak.

## Eksempel: beregning av energiforbruk ved tråling

**Overlagsberegning av energiforbruk pr. kg fangst for en hekk-tråler. Fangsten, som i stor grad er torsk, skal sløyes og fryses om bord og tas med hjem. Diverse data er gitt i marginen.**

a) Under trålhal nr. 26 får skipperen beskjed om at lasterommet er i ferd med å bli fullt. Han avbryter derfor fisket etter dette halet. Beregn det totale fangstresultatet.

b) Bruk "Freeship" til å bestemme motstandseffekt som svarer til fart og dyppgang som oppgitt. For enkelhets skyld bruker vi samme verdier både under utreise og hjemreise. Bestem hovedmotorens akseleffekt som på side 7-19, men med propulsjonsvirkningsgrad 0,55. Regn med 100 kW i tillegg for elektrisk effektbehov under hele turen (ekskl. nødvendig behov til frysing). Beregn brenselsforbruket under utreise og hjemreise.

c) Bruk data for fangstrate pr. døgn i sjøen til å bestemme tiden som tråleren bruker på hele turen. Differansen mellom denne tiden og medgått tid til ut- og hjemreise (punkt b) og til tråling (punkt d) brukes til å lete etter fiskeforekomster. Letingen skjer med hastigheter som i gjennomsnitt medfører at hovedmotoren yter 30 % av maksimal akseleffekt. Bestem brenselsforbruket under leting etter fisk.

d) Beregn brenselsforbruket under tråling (inkl. innhaling av trål). Propulsjonsvirkningsgraden settes til 0,50 og spes. brenselsforbruk 220 g/kWh. Skrogmotstanden neglisjeres på grunn av den lave farten.

e) Beregn brenselsforbruket under frysing av fangsten. Erfaringsmessig er energibehovet ved frysing 110 kWh per tonn frysevarer. Energien til fryseanlegget leveres av en akselgenerator med virkningsgrad 0,95, tilkoblet hovedmotoren. I tillegg til frysingen av fangsten må lasterommet holdes nedkjølt, noe som krever 0,06 kW per  $\text{m}^3$  lasterom.

f) Gi en prosentvis oversikt over brenselsforbruket for de enkelte fasene og beregn brenselsforbruket i kg brensel per kg fangst, og i  $\text{dm}^3$  brensel per kg fangst. Vi forutsetter at motoren bruker en marine dieselolje med tetthet 0,85  $\text{kg}/\text{dm}^3$ .

**a) Totalfangst:**

$$M = 4 \text{ h / hal} \cdot 2,2 \text{ tonn / h} \cdot 26 \text{ hal} = \underline{229 \text{ tonn}}$$

**b) Ut- og hjemturer:**

$$\text{Medgått tid per tur: } t = \frac{s}{v} = \frac{330 \text{ n.mil}}{13 \text{ knop}} = 25,4 \text{ h}$$

Akseleffekt hovedmotor (framgangsmåte som på side 7-19)

$$P_e = \frac{P_E}{\eta_{ko} \eta_D} + \Delta P = \frac{934 \text{ kW}}{0,98 \cdot 0,55} + 100 \text{ kW} = 1833 \text{ kW}$$

Spes. brenselsforbruk velges 0,200 g/kWh, fra side 7-20.

Totalt brenselsforbruk per tur:

$$B = b_e \cdot P_e \cdot t = 0,200 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \cdot 1833 \text{ kW} \cdot 25,4 \text{ h} = \underline{9,3 \text{ tonn}}$$

**c) Leting etter fisk**

$$\text{Seilingstid for hele turen: } \frac{229 \text{ tonn}}{15 \text{ tonn/døgn}} = 15,3 \text{ døgn} = 366 \text{ h}$$

Tid med trål ute + tid til haling, tømning og skyting:

$$t = (4 + 1) \frac{\text{h}}{\text{hal}} \cdot 26 \text{ hal} = 130 \text{ h}$$

Tid til leting:  $t = 366 \text{ h} - (2 \cdot 25,4 + 130) = 185,2 \text{ h}$

Brenselsforbruk i periode med leting etter fisk:

$$B = b_e \cdot P_e \cdot t = 0,220 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \cdot 0,30 \cdot 1900 \text{ kW} \cdot 185,2 \text{ h} = \underline{23,2 \text{ tonn}}$$

**d) Tråling**

$$\text{Slepeeffekt for trål: } P = F \cdot v = 110 \text{ kN} \cdot \frac{4 \cdot 1852 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 226 \text{ kW}$$

I tillegg kommer det konstante elkraftbehovet på 100 kW.

Slepeeffekt for trål skaffes fra propell (som nå gis dårligere virkningsgrad pga. redusert stigning, vridbar propell).

Tilhørende akseleffekt på hovedmotor: under trålingen blir da;

$$P_e = 0,21 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \cdot \left[ \frac{226 \text{ kW}}{0,96 \cdot 0,5} + 100 \text{ kW} \right] \cdot 104 \text{ h} = 12,5 \text{ tonn}$$

Brenselsforbruk ved haling av trål (200 kW, se side 12-23):

$$B = 0,21 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \cdot (200 \text{ kW} \cdot 13 \text{ h} + 100 \text{ kW} \cdot 26 \text{ h}) = \underline{1,1 \text{ tonn}}$$

**e) Frysing av fisk og dekning av varmetap fra lasterom (se s. 12–25).**

Brenselsforbruk:

$$B = \frac{0,220 \text{ kg/kWh}}{0,95} \cdot \left[ 110 \frac{\text{kWh}}{\text{tonn}} \cdot 229 \text{ tonn} + 0,06 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \cdot 343 \text{ m}^3 \cdot 366 \text{ h} \right] = \underline{7,6 \text{ tonn}}$$

**f) Oversikt over brenselsforbruk på turen**

Sum og fordeling på de enkelte operasjoner under tråleturen er vist i marginen.

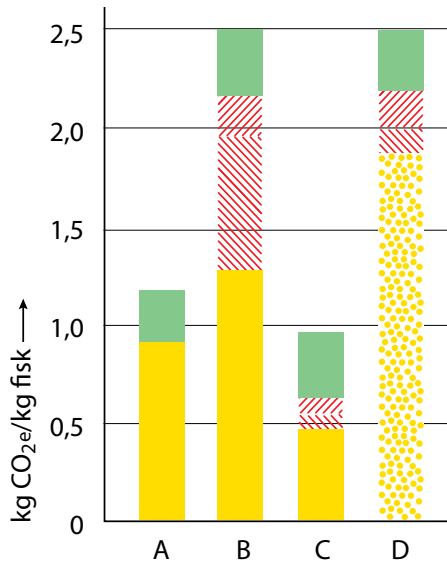
**Brenselsforbruk**






|                       | tonn totalt | %          |
|-----------------------|-------------|------------|
| Utreise               | 9,3         | 15         |
| Hjemreise             | 9,3         | 15         |
| Leting                | 23,2        | 37         |
| Tråling, haling       | 13,6        | 21         |
| Frysing               | 7,6         | 12         |
| <b>Sum hele turen</b> | <b>63</b>   | <b>100</b> |

**Brenselsforbruket** (marin dieselolje) er fordelt på de enkelte faser av tråleturen. Brenselsforbruket per kg fisk:  $0,28 \text{ kg/kg} = 0,32 \text{ dm}^3/\text{kg}$

## Fiskeriteknologi

# CO<sub>2</sub>-utslipp fra fiskeriene



-  Utslipp av CO<sub>2</sub> fra trålerens hovedmotor under utreise, hjemreise, leting etter fisk, tråling og arbeid med trål
-  Utslipp av kuldemedier (omregnet til CO<sub>2</sub>e) ombord
-  Utslipp av kuldemedier under prosessering (frysing på nytt etter filetering)
-  Utslipp av CO<sub>2</sub> under transport til Paris
-  Utslipp fra fangst av industrifisk til fôr for oppdrettslaks

CO<sub>2</sub>-utslipp for noen fiskeprodukter, per kg frossen fisk.

- A: Torskefilet levert Paris, fra beregningseksempellet side 12-18/19
- B: Torskefilet levert Paris, gjennomsnitt for norsk fiskeflåte, da med tillegg for lekkasje av kuldemedier (KFK-gasser) overført til CO<sub>2</sub>e-lekkasje.
- C: Sildefilet levert Moskva, for øvrig som B
- D: Oppdrettslaks levert Paris B, C og D er hentet fra [12.7]

## Energiforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp per kg fangst

**Eksempler på likeverdige energiforbruk.** Som konklusjon på beregningseksempellet foran fant vi at tråleren brukte 0,28 kg brensel per kg fangst. For å vurdere dette tallet nærmere, kan vi med fordel uttrykke det på flere andre måter. Dette kan du selv forsøke å gjøre ved å løse oppgave 12.2, hvor det tas utgangspunkt i at brenselet har et spesifikt energiinnhold på 41,5 MJ/kg. Du vil da kunne finne at energiforbruket per kg fangst (rund fisk) også kan uttrykkes på disse måtene:

$$0,28 \frac{\text{kg brensel}}{\text{kg fangst}} = 11,6 \frac{\text{MJ energi}}{\text{kg fangst}} = 3,2 \frac{\text{kWh energi}}{\text{kg fangst}}$$

Betyr disse tallene at energiforbruket for å fange 1 kg fisk er stort eller lite? Dette er belyst nærmere i oppgave 12.10, som viser noen eksempler på likeverdige energiforbruk. Vi skjønner at fising må kunne sies å være energimessig krevende, i hvert fall når fisket skjer med trål.

**Stort energiforbruk betyr stort CO<sub>2</sub>-utslipp.** Vi vet fra side 7-27 at forbrenning av fossile brenslere gir ca. 3,2 kg CO<sub>2</sub> per kg brensel. Dermed kan CO<sub>2</sub>-utslippet fra selve tråleturen pr. kg fangst (rund fisk) beregnes som nedenfor og illustreres som vist i søyle a i figur til venstre.

$$0,28 \frac{\text{kg brensel}}{\text{kg fangst}} \cdot 3,2 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg brensel}} = 0,90 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg fangst}}$$

## Hvordan beregne CO<sub>2</sub>-utslipp per kg spisbar fisk?

**Biprodukter.** For å kunne sammenligne miljøbelastningen fra ulike matvarer, må vi henregne CO<sub>2</sub>-utslippet til det spisbare sluttproduktet (filet). I vårt regneeksempel blir slo og avskjær fra sløyning av fangsten om bord tatt med hjem i fryst tilstand. Sammen med avskjær fra filetproduksjonen kan dette behandles til andre produkter, som for eksempel fôr til laks. Fôret må da ta sin del av CO<sub>2</sub>-utslippet.

**CO<sub>2</sub>-utslipp som belastes fileten.** Utslippene fordeles på massen av henholdsvis filet og avskjær (biprodukter). Denne beregningsmåten er i bruk. Den er omdiskutert og kan være for kompleks når det er mange biprodukter. Men i vårt tilfelle er den grei, siden alle restene benyttes. Dermed skal altså fileten belastes med **0,9 kg CO<sub>2</sub>/kg filet**.

## Andre CO<sub>2</sub>-utslipp før fisken er spisbar

Når fangsten har blitt landet, må den videreføres. Dette vil si at den må tines, fileteres og fryses på ny. Fryseprosessen er gjerne forbundet med utslipp av skadelige kuldemedier (KFK-gasser) og dermed CO<sub>2</sub>-utslipp (se nedenfor). Erfaringsmessig kan dette i så fall settes lik 0,2 kg CO<sub>2</sub>e/kg filet.

**Også frysing ombord kan gi utslipp av klimagasser.** CO<sub>2</sub>-utslippene fra tråleturen, som ble beregnet i eksempellet, skrev seg fra forbrenning av fossile brenslere i hovedmotoren. Den eldre delen av fiskeflåten bruker imidlertid stadig kuldeanlegg med såkalte KFK-gasser (klor-fluor-karboner) som kuldemedier. Disse gassene er ca. 2000 ganger

mer skadelige enn CO<sub>2</sub> hvis de slippes ut i atmosfæren. For anlegg i god orden er ikke dette noe problem, men lekkasjer og reparasjoner fører ofte til utslipp av KFK-gassene.

Vi tok ikke hensyn til dette i beregningseksempelet fordi vi der tok utgangspunkt i en moderne tråler med kuldeanlegg basert på et ufarlig kuldemedium (CO<sub>2</sub>). Ser vi på hele fiskeflåten, må imidlertid KFK-gassene tas med. Erfaringsmessig kan de bidra med 0,7 kg CO<sub>2</sub>e/kg torskfilet (e = ekvivalent).

**Transport til markedet.** Et av de viktigste markedene for torske- og laksefilet er Paris. Som oftest brukes da vogntog til transporten. Det vises til side 9-17, hvor vi direkte kan ta ut verdien 90 g CO<sub>2</sub> per (km · tonn last). Verdien er valgt lav for å ta hensyn til at store deler av transporten foregår på flate motorveier. Med en distanse til Paris på 3330 km, gir dette følgende utslipp:

$$90 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg CO}_2}{\text{km} \cdot \text{kg filet}} \cdot 3330 \text{ km} = 0,3 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg filet}}$$

Oversikt over utslippene er illustrert til venstre. Her er utslippene fra vårt beregningseksempel også sammenlignet med gjennomsnittlige utslipp fra den norske fiskeflåten og havbruket. Det er tre grunner til at "flåteverdiene" er vesentlig større enn de vi beregnet. "Flåteverdiene" tar nemlig med KFK-utslippene (omregnet til ekvivalente CO<sub>2</sub>e-utslipp). For det andre må vi anta at flåten omfatter mange turer med dårlige fangster. Særlig gjelder dette trålerflåten, som er pålagt å levere råstoffer til industrien ved å tråle også utenom de store sesongene. For det tredje kan noe av restene bli kastet, slik at fileten da må bære en større andel av CO<sub>2</sub>-utslippene.

### Hvorfor fiskes det med ulike redskaper?

Vi har foran sett at det brukes en rekke redskaper i de norske fiskeriene. Energiforbruket og kvaliteten på fangsten varierer fra et redskap til et annet. Garnfiske og tråling gir dårligere kvalitet enn line, jukse og snurrevad. En stor del av fangsten fra krokredskaper og snurrevad kan føres levende i land, noe som gir svært god kvalitet og muligheter for lagring i merder. Dette kan være hensiktsmessig fordi fisken kan føres, og en kan garantere markeder levering av høy kvalitet til enhver tid.

Bortsett fra tråling etter reker, benytter kystflåten passive redskaper, som garn, line og jukse. I enkelte distrikter fiskes det også med snurrevad. Disse metodene krever mindre motorkraft og investeringer enn tråling.

I havfiske brukes mest autoline og trål. De fleste trålerne har et ansvar for å levere fisk til filetindustrien utenom de store sesongfiskeriene. De må derfor tråle også i perioder med lite fisk, noe som kan bidra til ekstra høyt brenselforbruk. Pelagisk fisk fanges med not både i kyst- og havfiske.

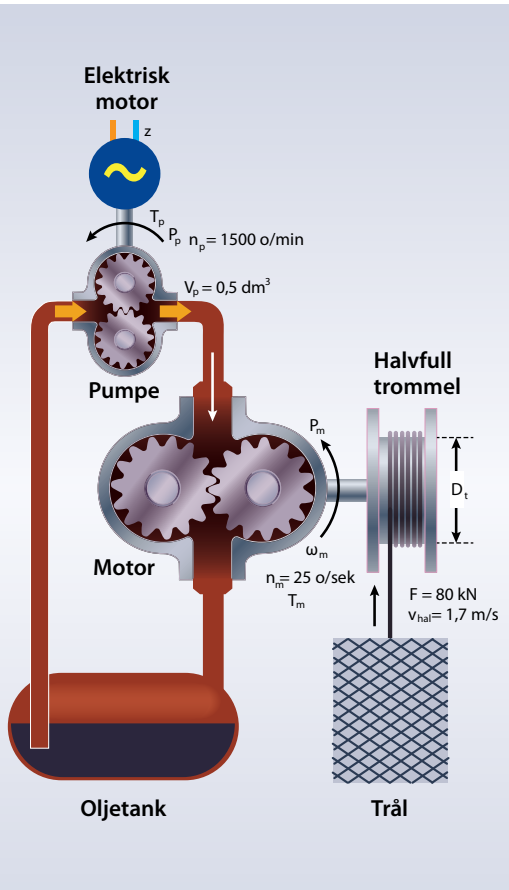
En oversikt over energiforbruket for forskjellige redskapstyper er vist til høyre.

| Fiskeredskap             | Brenselforbruk<br>dm <sup>3</sup> /kg fisk | Standardavvik |
|--------------------------|--|---------------|
| Kystline                 | 0,15                                       | 0,07          |
| Autoline (havfiske)      | 0,31                                       | 0,12          |
| Bunntål                  | 0,43                                       | 0,24          |
| Pelagisk trål (flytetål) | 0,10                                       |               |
| Juksa                    | 0,15                                       |               |
| Garnfiske                | 0,15                                       |               |
| Snurpenot/ringnot        | 0,09                                       | 0,03          |
| Snurrevad                | 0,12                                       |               |

**Typiske energiforbruk for forskjellige redskapstyper (middelverdi og standardavvik). De fleste redskapstypene bruker mindre energi enn bunntål. Trålerne er imidlertid viktige for å sikre kontinuerlig tilførsel av råstoff til industrien.**

## Fiskeriteknologi

## Hydraulikksystemer for dekkmaskiner



### Prinsipiell virkemåte for et hydraulikksystem med tannhjulspumpe med utvendig fortanning.

Oljen beveger seg i lukene langs periferiene. Trykket øker underveis. Den forhindres i å strømme tilbake av inngrepet mellom tenene. En tannhjulspumpe egner seg best for moderate trykk.

**Overfører store krefter og tar lite plass.** Vi har tidligere behandlet mekaniske, elektriske og hydrauliske energioverføringer om bord i skip på sidene fra 7-36 til 7-43, og du kan gjerne se på disse sidene på nytt. Fiskefartøy har mye utstyr og mange funksjoner knyttet til håndtering av redskap og fangst. Hydrauliske motorer blir svært kraftige i forhold til volum og plassbehov (se figur side 7-43). Fiskefartøy er små i forhold til oppgavene og krever kompakte løsninger på utstyret. Hydrauliske systemer er derfor svært utbredt i fiskeflåten.

### Virkemåte for hydraulisk effektoverføring

Pumpe og motor er de viktigste enhetene i et hydraulikksystem (se figur). Pumpen fortrenger hydraulikkoljen, som får økt trykk i røret mellom pumpe og motor. Motoren har større volumdimensjoner og dermed oppstår lavere turtall og større dreiemoment på motorens utgående aksel.

Den vanligste form for fortrengerpumpe er tannhjulspumpe med utvendig fortanning (se figuren). Det brukes også en rekke andre typer pumper, for eksempel stempelpumper. Disse brukes gjerne når det er ønskelig med ekstra høye trykk på oljen.

### Beregning av hydraulisk effektoverføring

**Hydrauliske størrelser.** I et hydraulisk system er det viktig å kunne beregne pumpas effektbehov og motorens utgående effekt ved hjelp av karakteristiske hydrauliske størrelser. Slike størrelser er først og fremst oljens volumstrøm ( $\dot{V}$ ) og dens trykk ( $p$ ).

**Energier i et hydraulisk system.** For å skaffe oss en ligning for beregning av systemets effektoverføring, kan vi starte med å se nærmere på de forskjellige energiformene som opptrer i systemet. Så lenge temperaturen er konstant, er det bare de forskjellige formene for mekanisk energi som spiller rolle (jf. for eksempel side 3-6). Disse er:

- potensiell energi i forhold til et valgt nullnivå ( $E_p = \rho \cdot g \cdot z$ ),
- kinetisk energi ( $E_k = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$ )
- trykkenergi ( $p \cdot V$ )

**Trykkenergien dominerer.** Hydrauliske systemer arbeider med meget høye trykk. Derfor er de to førstnevnte energiene så små i forhold til den sistnevnte at vi i praktiske beregninger kan se bort fra dem. Det er altså trykkenergien ( $p \cdot V$ ) vi må holde rede på i beregninger av overført energi. Måleenhetene er henholdsvis Pa og  $m^3$ . Siden effekt = energi / tid, er det hensiktsmessig å innføre begrepet volumstrøm  $\dot{V} = V / t [m^3/s]$  i stedet for volum [ $m^3$ ].

Nytteeffekten (utgående effekt fra motoren,  $P_m$ ) i et hydraulisk system blir altså:

Nytteeffekt  $P_m = \text{effektivt trykkfall i motor} \cdot \text{effektiv volumstrøm}$ .

Også hydrauliske systemer har sine virkningsgrader,  $\eta_{vol}$  og  $\eta_{mh}$  (se boks i margen). Tar vi hensyn til disse, kan ligningen foran skrives:

$$P_m = (\eta_{mh} \cdot \Delta p_{teo}) \cdot (\eta_{vol} \cdot \dot{V}_{teo}) = \eta_{tot} \Delta p_{teo} \cdot \dot{V}_{teo}$$

Her er:

$\Delta p_{teo}$  = teoretisk trykkfall, (altså inklusiv trykktap)

$\dot{V}_{teo}$  = teoretisk volumstrøm fra pumpe [ $m^3/s$ ], basert på geometriske dimensjoner.

$\eta_{mh}$  og  $\eta_{vol}$  = virkningsgrader, se boks i marg

## Eksempel. Beregning av hydraulikksystem for drift av vinsj for innhaling av trål

Jevnfør beregningseksempel på sidene 12-18/19. Data for et hydraulisk-system med vinsj for innhaling av trålen er som gitt i figur til venstre.

**Oppgave:** For innhaling av trål med halvfull trommel skal bestemmes:

- teoretisk og effektiv (virkelig) volumstrøm fra pumpa ( $\eta_{vol} = 0,80$ )
- motorens volum når den skal gi et turtall på 25 o/min ( $= 0,417 s^{-1}$ )
- trommeldiameter i halvfull tilstand (forutsetning for den gitte innhalingshastigheten)
- effekt og dreiemoment tilført vinsjen ( $\eta_{mek,v} = 0,97$ ). Kontroller dreiemomentet ved å bruke grunndefinisjonen på moment
- effekt tilført pumpa i hydraulikksystemet ( $\eta_{tot} = 0,70$ )
- teoretisk og effektivt disponibelt trykkfall i systemet ( $\eta_{mh} = 0,88$ )

### Løsning:

a) Teoretisk volumstrøm:

$$\dot{V}_{teo} = V_p \cdot n_p = 0,5 \cdot 10^{-3} m^3 \cdot \frac{1500}{60} s^{-1} = \underline{0,0125} \frac{m^3}{s}$$

Effektiv volumstrøm:

$$\dot{V}_{eff} = \eta_{vol} \cdot \dot{V}_{teo} = 0,80 \cdot 0,0125 \frac{m^3}{s} = \underline{0,010} \frac{m^3}{s}$$

b) Motorens volum:  $V_m = \frac{\dot{V}_{eff}}{n_m} = \frac{0,010 m^3/s}{0,417 s^{-1}} \cdot 0,024 m^3 = 24 dm^3$

c) Trommeldiameter:  $D_{tro} = \frac{v_{hal}}{\pi \cdot n_m} = \frac{1,7 m/s}{\pi \cdot 0,417 s^{-1}} = \underline{1,3 m}$

d) Effekt tilført vinsj:  $P_m = \frac{F \cdot v}{\eta_{mek,v}} = \frac{80 kN \cdot 1,7 m/s}{0,97} = \underline{140 kW}$

Dreiemoment tilført vinsj:  $T_m = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{P_m}{2 \cdot \pi \cdot n_m} = \frac{140 kW}{2 \cdot \pi \cdot 0,417 s^{-1}} = \underline{53,5 kNm}$

Kontroll:  $T_m = \frac{F \cdot D_{tro} / 2}{\eta_{mek,v}} = \frac{80 kN \cdot 1,3 m / 2}{0,97} = \underline{53,5 kNm}$

e) Effekt tilført pumpe:  $P_p = \frac{P_m}{\eta_{tot}} = \frac{140 kW}{0,70} = \underline{200 kW}$

f) Teo. disp. trykkfall:  $\Delta p_{teo} = \frac{P_m}{\eta_{tot} \dot{V}_{teo}} = \frac{140 kW}{0,70 \cdot 0,0125 m^3/s} = 160 bar$

Effekt. disp. trykkfall:  $\Delta p_{eff} = \eta_{mh} \cdot \Delta p_{teo} = 0,88 \cdot 160 bar = \underline{140 bar}$

Kontroll:  $P_m = \Delta p_{eff} \cdot \dot{V}_{eff} = 14 \cdot 10^6 Pa \cdot 0,01 m^3/s = \underline{140 kW}$

### Tap og virkningsgrader i et hydraulikksystem

Tapene kan deles inn i to grupper:

- **Volumetriske tap**, som primært skyldes interne lekkasjer, for eksempel mellom tannhjul og sideveggene. Dette reduserer volumstrømmen fra pumpa og effektiv volumstrøm gjennom motoren, og dermed effektoverføringene fra pumpe til olje og videre til motoren. Virkningsgrader for hver av enhetene kan være 0,84-0,92. I eksempelet regner vi med 0,88 og 0,91 for hhv. pumpe og motor. For begge enhetene samlet blir da vol.-virkningsgrad  $0,88 \cdot 0,91 = 0,80$
- **Mekaniske og hydrauliske tap** pga. friksjoner (omformes til varme og krever ofte kjøling). Disse tapene reduserer trykkstigningen i pumpa og trykkfallet i motoren, og gir virkningsgrader lik hhv. 0,93 og 0,95. Samlet blir den mekanisk-hydrauliske virkningsgraden  $0,93 \cdot 0,95 = 0,88$

Den totale virkninggrad for hydraulikksystemet blir typisk:  $\eta_{tot} = 0,80 \cdot 0,88 = 0,70$

Med symbolbruk som på figur til venstre betyr dette at vi for et hydraulikksystem kan skrive:

$$P_m = \eta_{tot} \cdot P_p$$

Vi har også

$$P_m = \Delta p_{eff} \cdot \dot{V}_{eff}$$

Trykkområder for hydrauliske systemer i fiskeflåten:

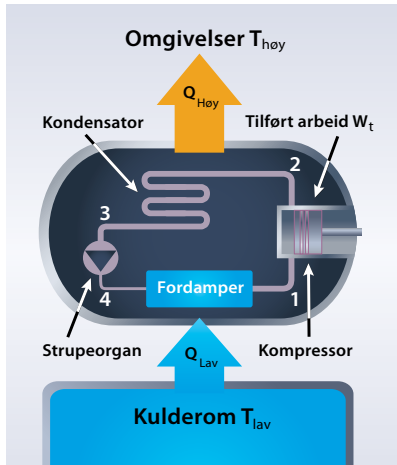
Lavtrykk: 25 – 70 bar

Middels trykk: 70- 210 bar

Høytrykk: 210 – 350 bar

Fiskeriteknologi

# Kuldeprosesser. Hva er entalpi?



**Prinsipiell oppbygging og virkemåte av en kuldemaskin**

Maskinen har fire hoveddeler: kompressor, kondensator, strupeorgan og fordampere:

Energibalanse i kuldeprosess:  
 Tilført energi = bortført energi  
 $Q_{Lav} + W_t = Q_{Hoy}$   
 $W_t = \text{kompresjonsarbeid } (\int p \cdot dV)$   
 +fortrengningsarbeid ( $p \cdot V$ )  
 $Q_{Lav}$  og  $Q_{Hoy}$  framgår av figur.

I stedet for virkningsgrad bruker vi i kuldeteknikken ofte begrepet kuldefaktor, som er forholdet mellom fjernet varme  $Q_{Lav}$  og brukt arbeid  $W_t$ :  $\epsilon = Q_{Lav} / W_t$   
 Det er godt mulig at  $W_t < Q_{Lav}$  og dermed at kuldefaktoren  $\epsilon > 1$

Vi har foran sett på et hydraulikksystem, noe som er uunnværlig på dekket til enhver tråler. Et annet sentralt system om bord er kuldesystemet, enten dette omfatter bare nedkjøling og lagring av fisken i kjølt tilstand, eller nedkjøling av denne til fryst tilstand.

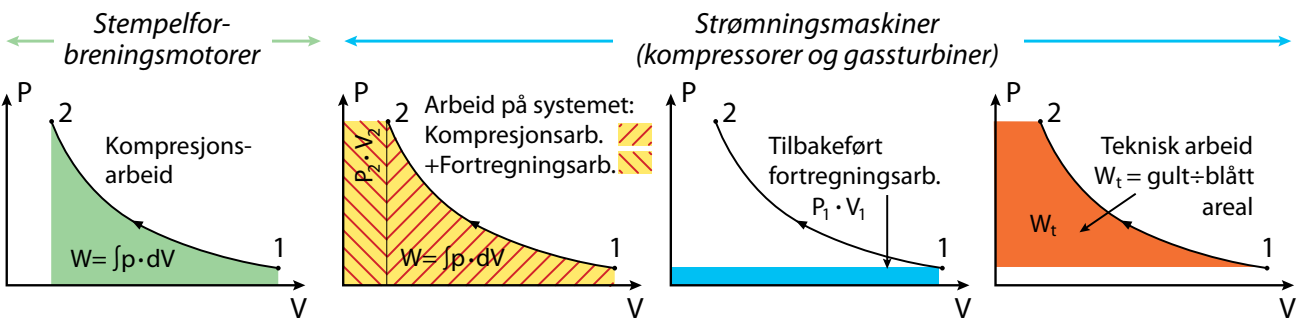
**Virkemåten for et kuldsystem**

**Kuldemedier.** Et kuldsystem arbeider *syklisk* med for eksempel freoner, ammoniakk eller CO<sub>2</sub> som kuldemedium (se neste side). Dette er gasser som *veksler mellom damp- og væskefase, forutsatt at det arbeides med passende temperaturer og trykk.*

**Fire hoveddeler i en kuldemaskin.** Et kuldsystem virker på følgende måte (se figur i marg): Kuldemediet kommer inn i *kompresoren* som damp (punkt 1). Trykk og temperatur øker så under kompresjonen (1-2). I kondensatoren fjernes varme og dampen kondenserer til væske (2-3), og dette går videre til strupeorganet (forsnevring etterfulgt av tverrsnittsøkning). Her synker trykket like mye som det steg i kompressoren (3-4). Temperaturen synker også (se figurtekst på neste side). Kuldemediet går videre til *fordamperen*, som er plassert inne i kulderommet. Fordi trykket nå er blitt lavt, fordampere væsken (4-1). Dette krever tilførsel av varme (fordampningsvarme, se eksempel side 1-10). **Fordampningsvarmen tas fra rommet hvor fordamperen er plassert. Her synker derfor temperaturen.**

**Kompresjonsarbeid og entalpi**

**I en strømningsmaskin er fortrengningsarbeidet like viktig som kompresjonsarbeidet.** Vi viser til det vi tidligere har sagt om kompresjonsprosesser (se side 7-6/7). Du bør først "friske opp" denne delen av termofysikken. Det vi så på den gang, var en stempelfortrengningsmotor, hvor kompresjonen ble etterfulgt av andre prosesser i samme sylinder. I en kuldemaskin er derimot kompressoren en "selvstendig" enhet, hvor kuldemediet etter kompresjonen blir flyttet over til en prosess i en annen enhet.



**Termofysikkens 1. lov**  
 $Q = U_2 - U_1 + W$   
 $Q = \text{til-/bortført varme,}$   
 $U_2 - U_1 = \text{forandring indre energi}$

I stedet for indre energi  $U$  innføres en ny størrelse  $H$  for å ta hensyn til fortrengningsarbeidet  $p \cdot V$ : **Entalpi  $H = U + pV$ .** Da lyder den samme loven som vist til høyre:

**Termfysikken 1. lov**  
 $Q = H_2 - H_1 + W_t$   
 $W_t$  kalles nå teknisk arbeid  
 $H_2 - H_1 = \text{forandring av entalpi}$

**Bestemmelse av tilført mekanisk energi til kjølemediet i en kompressor.**



**Fortrengningsarbeid.** Kuldemediet er derfor en "strømningsmaskin", og da må vi ta hensyn til hva det koster å flytte kuldemediet ut av kompressoren, og i første omgang videre til kondensatoren. Dette krever det vi kaller et *fortrengningsarbeid*. Noe av dette arbeidet får vi tilbake når kuldemediet kommer inn igjen på kompressoren mot slutten av syklusen. Alt dette tar vi enklest hensyn til ved å innføre en ny tilstandstørrelse, som kalles entalpi. Termodynamikkens første hovedsetning får en ny form (se figur foran).

**Kuldemedier**

**De fleste er aggressive klimagasser.** Kuldemedier må ha passende fordampnings- og kondenseringstemperaturer ved de trykk som er aktuelle for kuldemaskiner. De vanligste kuldemedier har hittil vært ammoniakk (NH<sub>3</sub>) og freoner (KFK-forbindelser, se side 12-20/21 om klimavirkninger). Nye kuldeanlegg i fiskebåter prosjekteres i dag (2013) med CO<sub>2</sub> som kuldemedier i stedet for de aggressive freonene.

**Trykk-entalpi-diagrammer.** Det finnes detaljerte diagrammer som gir oversikt over nødvendige data for alle de viktigste kuldemediene. Figurer til høyre viser to eksempler. Vi ser at det framkommer tre avgrensede områder: et for damp, et for blandinger mellom væske og damp og et for ren væskeform. Diagrammene gir trykk (p) som funksjon av spesifikk entalpi (h, kJ/kg).

**Kuldeprosesser i p-h-diagram og p-v-diagram**

**Syklisk prosess mot urviseren.** En kuldeprosess som beskrevet på forrige side, er tegnet inn både i p-h-diagram og i et p-v-diagram i margen. Legg merke til at den sykliske prosessen går "mot" urviseren. Dette er karakteristisk for alle sykliske prosesser som krever *tilført energi*. I forbrenningsmotorer, som jo gir *utbytte* av mekanisk energi, går den sykliske prosessen "med" urviseren.

**Eksempel. Dimensjonering av kuldeanlegg med CO<sub>2</sub> som kuldemedium i tråler**

Vi har øverst på side 12-21 nevnt at tråleren i beregningseksempellet foran skulle være nybygd, og derfor utstyrt med et kuldeanlegg som brukte CO<sub>2</sub> som kuldemedium i stedet for de nå forbudte KFK-gassene (freonene). CO<sub>2</sub> som kuldemedium skiller seg fra freonene ved at den sykliske prosessen foregår både over og under det kritiske punktet CP, i stedet for å i sin helhet å ligge under dette punktet (se figur nederst i marg til høyre).

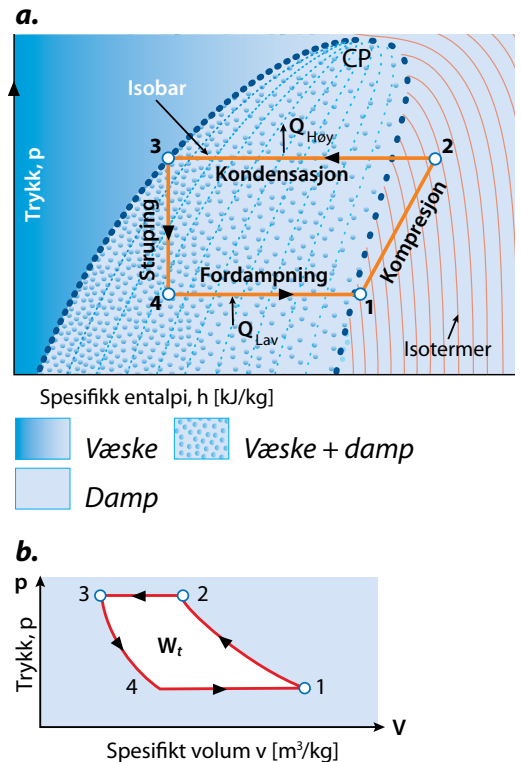
På side 12-21 framgår at nedfrysing av fangst og dekning av varmetap fra lagerrom om bord krever totalt 32 700 kWh tilført kompressoren på turen. For enkelhets skyld regner vi med en gjennomsnittsverdi for hele turen. Denne blir da på ca. 90 kW. **Oppgave:** Bestem i så fall nødvendig massestrøm på kuldemediet, bortført varmestrøm fra kulderommet og anleggets kuldefaktor.

$$\text{Kuldemediestrøm: } \dot{m} = \frac{W_t}{h_2 - h_4} = \frac{90 \text{ kJ/s}}{(524 - 441) \text{ kJ/kg}} = 1,08 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\text{Bortført varmestrøm: } \dot{Q}_{\text{Lav}} = \dot{m} (h_1 - h_4) = 1,08 \text{ kg/s} \cdot 139,5 \text{ kJ/kg} = 150 \text{ kW}$$

$$\text{Kuldefaktor: } \varepsilon = \frac{\dot{Q}_{\text{Lav}}}{W_t} = \frac{150 \text{ kW}}{90 \text{ kW}} \sim 1,7$$

I praksis blir fisken fryst ned så fort som mulig etter at den er tatt opp.

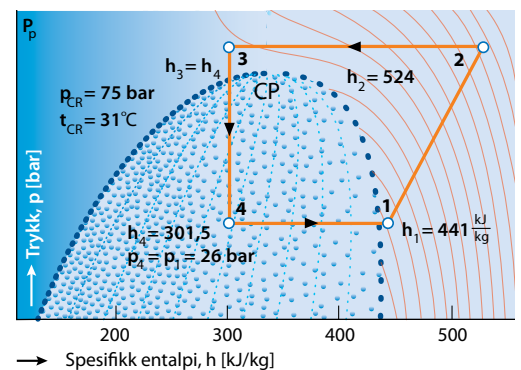


**Skjematiske diagrammer for kuldeprosess basert på freon (KFK-forbindelse)**

**a. Trykk-entalpi (p-h)-diagram**

**b. Trykk-volum (p-v)-diagram**

*Struping (uten tap) er en prosess som foregår i rør med tverrsnittøking i strømretningen. Da synker trykk og temperatur, mens strømningshastighet og entalpi forblir konstant. Under fordampningen tilføres det varme til kuldemediet. Denne hentes fra kulderommet.*



**p-h-diagram for kuldeprosess med CO<sub>2</sub> som kuldemedium.**

*Fordi alt mediet under prosessen er i gassform, må kuldemaskinen bygges opp med en gasskjøler i stedet for å bruke en kondensator til nedkjølingen. Ellers virker maskinen prinsipielt som forklart foran.*

## Fiskeriteknologi

# Bærekraft og framtidens fiskefartøy, muligheter og utfordringer



**Moderne tråler med to propeller**

## Reduksjon av trålmotstand.

Det er store muligheter for å redusere motstanden i trålnett, ved å ta i bruk ekstremt sterke og lette polyetylenfibre i nett og tauverk. Forsøk har vist at motstanden i en trål er blitt redusert med opp til 20%. Foreløpig er materialet ekstremt dyrt, lite elastisk og relativt lite motstandsdyktig mot slitasje.

## Utforming av skroget.

Skroget må gi minst mulig framdriftsmotstand og høyest mulig virkningsgrad under de svært varierende operative forhold et fiskefartøy møter når det gjelder hastighet, trim og dypgang. Myndighetene har i årtier

lagt begrensninger på fartøylengden i mange flåtegrupper for å begrense fartøyenes fangstevne. Kystflåten består derfor av ekstremt brede «paragraf-båter» med høyt Froudes-tall ( $F_n$ ) og stor motstand. Reglene er nå endret slik at det er lasteromsvolumet som begrenses. Dette gir mulighet for å bygge slankere skrog med lav  $C_p$  og lavt  $F_n$ , noe som gir lavere motstand og bedre propulsjonsforhold.

## Bruk av to propeller.

Bruk av to propeller i stedet for én, kan gi en viss forbedring av propulsjonsvirkningsgraden under tråling. Ved tråling i sidevind må hekktrålere ofte bruke store rorvinkler, noe som gir økt motstand. Ved hjelp av to propeller kan fartøyet styres nesten uten bruk av roret.

## Bruk av LNG i fiskeflåten.

Bruk av LNG kan bidra til en betydelig reduksjon av  $CO_2$ -utslippet, (15-20 %,) og en reduksjon av  $NO_x$  og  $SO_x$  fra 80 til 90 %. Den største utfordringen er at krav til sikkerhet og bruken av isolerte trykktanker fører til et mye større volumbehov enn MDO (Marine Diesel Oil), anslagsvis 3-4 ganger større. For mindre fiskefartøy vil dette føre til betydelige vansker.

## Hybrid kystfiskefartøy, framdrift med batteri, LNG og vind.

For kystfiskefartøy som fisker med garn og line, kan en tenke seg et framdriftssystem basert på batteri som lades opp fra strømnettet, kombinert med strøm fra vindturbin om bord og LNG-drift av motor for ladning av batterier. RSW-systemet for lagring av fisk kan kjøles ved at det avgir varme til gassifiseringen av LNG til motorbrensel. Dermed unngås bruk av is eller kjølekompresorer om bord.

## Bærekraft og framtidens fiskefartøy, muligheter og utfordringer

Fiskefartøy med redskap og utstyr blir nøkkelen til framtidens bærekraftige spiskammer i havet. Her ligger det -som vi ser -, mange spennende oppgaver og venter.

### Karbonsøytral sjømatproduksjon.

Bruken av fossil energi er et betydelig problem for fiskeriene i bærekraftsammenheng, men muligheten for forbedringer er store og produksjon av drivstoff fra dyrking av makroalger (tare), vil på sikt kunne gjøre norsk sjømatproduksjon karbonsøytral.

### Bærekraftige fiskerier.

Bærekraftige fiskerier avhenger av mange andre faktorer knyttet til økosystemorientert forvaltning av ressursene i havet. Dette innebærer omsorg for havmiljøet og hele det økologiske samspillet der.

### Forvaltning.

Norge er et foregangsland når det gjelder metoder for overvåkning av fiskebestandene, mens mye gjenstår når det gjelder overvåkning av fangstaktiviteten av egne og utenlandske fartøyer. Det er sannsynlig at det fremdeles foregår et betydelige «tyvfiske» og dumping av biomasse fra både av egne og fremmede fartøyer. Gjennom internasjonalt samarbeid vil moderne teknologi (GPS etc.) gjøre det mulig å identifisere og registrere hvor enkeltfartøyer i norsk sone befinner seg, og etter hvert også å overvåke «i sann tid» fangstmengden som blir tatt om bord fra ulike fangstfelt. Eventuell dumping av fisk og avfall fra produksjonen vil også kunne registreres, og det samme vil bruk av ulovlig redskap. Dokumenterbar registrering av størrelse og vekt på fisk og bifangst i det den kommer om bord, kan bli en realitet.

### Lønnsomhet – sosial bærekraft.

Reduserte brenselutgifter, effektiv og kvalitetsmessig trygg håndtering, samt bearbeiding og lagring av fangst og biprodukter vil bidra til økt lønnsomhet. Sosial bærekraft avhenger av lønnsomhet, og av evne til å tiltrekke seg kompetent arbeidskraft. Sikkerhet, arbeids- og bomiljø vil være viktige i denne sammenheng. Fiskeryrket har tradisjonelt vært et svært farlig yrke, og selv om risikoen er blitt sterkt redusert etter år 2000, er det behov for ytterligere innsats innen HMS. Utdanning, ergonomi og sikkerhetsstyring er viktige begreper her.

### Framtidens fiskefartøy.

Fortidens fiskefartøy var alle flerbruksfartøyer, og ble brukt til å frakte både last, post og passasjerer. De fleste fiskefartøy midt på 1900-tallet var i stand til å delta i fiske etter både bunnfisk og pelagisk fisk, og kunne også fiske med flere redskapstyper. Havfiskeflåten er i dag relativt spesialisert, og kan sjelden fiske med mer enn to redskapstyper. I kystflåten krever bruk av flere redskapstyper et betydelig antall dekkmaskiner, noe som gjør arbeidsforholdene trange, uoversiktlige og farlige. Begrepet flerbruksfartøy har begynt å få en ny betydning. For å skaffe flere ben å stå på, utstyres fiskefartøy i økende grad for oljevern, for operasjon av ROV-er samt service i oljevirkosomhet, havbruk og vindturbinparker. Dette kan bidra til en mer robust fiskeflåte.



*Vindturbin med vertikal akse*

## Havbruksteknologi

# Fôr, energi og CO<sub>2</sub>-utslipp



### **Plommeseekkyngel**

Først blir befruktet rogn fra stamfisk klekket til øyerogn i løpet ca. 1,5 måned i egne avlsanlegg. Rogna sendes i iskjølte isoporkasser til oppdrettsanleggene langs kysten. Her holdes den i egne klekkerier (kar), hvor rogn etter ca. en måned klekker til plommeseekkyngel. Først lever den av innholdet i plommesekken, og føres siden med tørrfôr. Den kan nå ha fått en masse på ca. 100 g. Etter ca. 10-15 måneder kalles yngelen for henholdsvis "nullårsmolt" og "ettårsmolt". Vi skjønner at alle disse prosessene krever topp miljømessige forhold og omhyggelig arbeid fra røkkerne.



### **Laksen starter livet i ferskvann i smoltanlegg på land.**

Etter 9-16 måneder i slike ferskvannsanlegg er smoltene klare til å "utvandre" til sjøvann. Frakten skjer ved hjelp av spesielle brønnbåter (se figur side 12-34). Merdene er plassert på utvalgte lokaliteter, med god vanngjennomstrømning og gunstige miljøforhold. I merdene vokser så laksen fra 100 g til en slaktevekt på rundt 3-6 kg i løpet av 12-18 måneder, avhengig av blant annet vanntemperatur og fôring.

**Generelt om oppdrett av fisk.** Selv om oppdrett av laksefisk er helt dominerende i Norge, er det et stort potensial for oppdrett av andre arter. Viktige arter kan bli: torsk, kveite, blåskjell, kamskjell, østers, hummer, kråkeboller og berggyllt. Det har vært en betydelig forskningsinnsats for å utvikle bærekraftig oppdrett av flere av disse artene. De tre som er kommet lengst er torsk, kveite og blåskjell. Potensialet antas å være stort, men den kommersielle produksjonen er svært liten. Ifølge side 12-11 var verdiskapingen i oppdrett av andre arter i 2010 bare 1,5 % av verdiskapingen for laksefisk. Derfor vil vi i det etterfølgende konsentrere oss om oppdrett av laks.

**Generelt om livssyklusen.** For første del av livssyklusen vises det til figurtekster i marginen. For å opprettholde god vekst, helse og velferd er det viktig at miljøforholdene er optimale gjennom hele livssyklusen. Laksen trenger blant annet friskt og oksygenrikt vann, og de ulike livsstadier har ulike krav til vanntemperatur, saltholdighet og lys. En ønsker også å få laksen opp i slakteklar størrelse før den blir kjønnsmoden, da modningen har en rekke negative konsekvenser for vekst, forutnyttelse, kvalitet, velferd og helse.

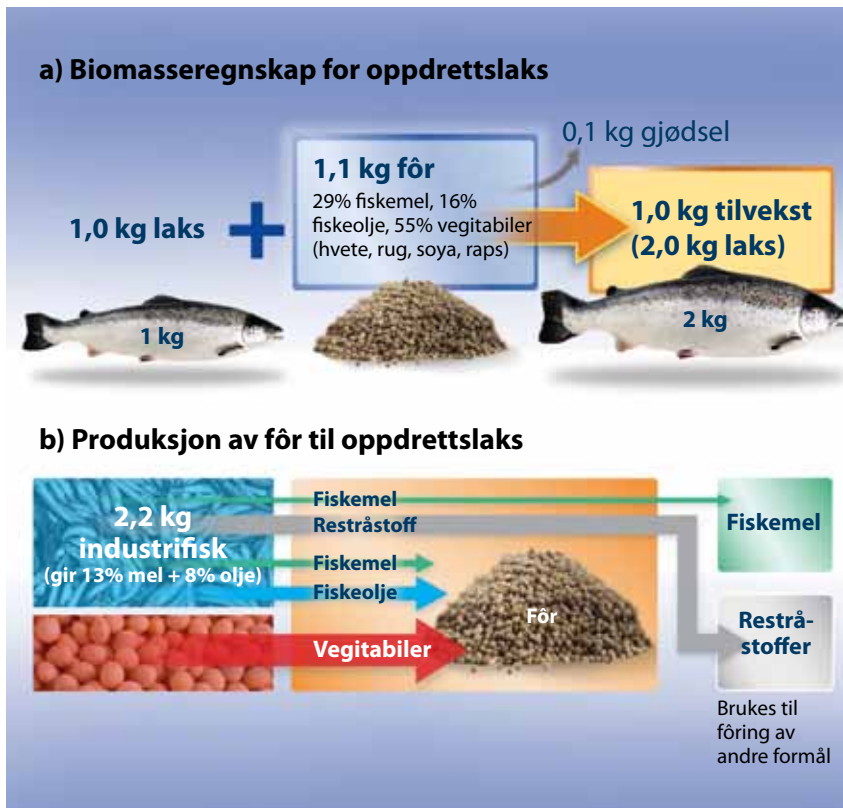
### **Fôrressurser**

**Laks er det mest ressurseffektive husdyret vi har.** Laksen trenger høyt innhold av protein og fett i fôret. Tradisjonelt har det vært brukt fiskemel og fiskeolje som hovedingredienser i laksefôr, men grunnet knapphet på disse ressursene er det forsket mye i de siste årene på å erstatte dem med blant annet vegetabiliske råvarer.

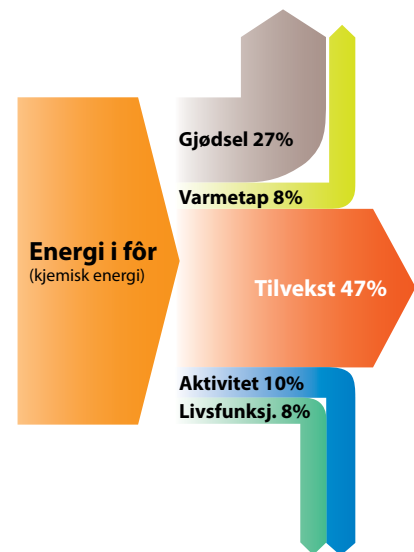
Oppdrettslaks utnytter fôret bedre enn andre dyr som blir brukt til kjøttproduksjon. 100 kg fôrblending bestående av oljer, fiskemel, korn og soya gir henholdsvis 65 kg laksefilet, 20 kg kyllingfilet og 13 kg svinefilet.

**Kanskje blir taredyrking den neste store vekstnæringen langs kysten.** Vi har foran, på side 12-11, pekt på den enorme utvikling som forventes i oppdrettsnæringen i framtiden. Fôrproduksjonen vil selvsagt måtte få en tilsvarende utvikling, og altså bli av stadig økende betydning. Dette vil gjelde både etterspørsel av industrifisk (blant annet fra lavere trofisk nivå), planteråvarer fra landbruket og avfall fra fiskerier og landbruk. Ekstra interessant er imidlertid mulighetene til utnyttelse av tarevekster, ikke bare som råstoff for laksefôr og menneskemat, men også til produksjon av biobrensler.

**Også fôrproduksjon gir CO<sub>2</sub>-utslipp.** Klimagassutslipp under produksjon av fôr må belastes det spiselige sluttproduktet, og er hovedgrunnen til at laksefileten i figuren på side 2-20 gir like store CO<sub>2</sub>-utslipp som torskfilet basert på fangst fra fiskeflåten. Dette kommer vi nærmere tilbake til på neste side.



**c) Laksens bruk av energi**



**Fôr for oppdrettslaks**

- a. Mengde og sammensetning av fôr, - tilvekst:** Laksen har en nesten utrolig effektivitet når det gjelder å utnytte fôret til å gi tilvekst. Med fôr av toppkvalitet trenger den ifølge [12.11] 1,1 kg fôr for å legge på seg 1,0 kg. Andre kilder [12.12] mener 1,2 kg gir et riktigere bilde.
- b. Produksjon av fôr.** En vesentlig del av fôret består av annen fisk (som vi for enkelhets skyld kaller industrifisk). Tar vi hensyn til at slik fisk gir en annen fordeling av mel og olje enn den som fôret skal ha, trenger vi 2,2 kg industrifisk til 1,1 kg fôr (se oppgave 12.9).
- c. Hvordan bruker laksen energien i fôret?** Legg merke til at laksen bruker mye mindre energi til aktivitet (10%) enn dyr på landjorda. Fra [12.11]

**CO<sub>2</sub>-utslipp fra oppdrettsnæringen**

**Fangst av torsk og oppdrett av laks gir like store CO<sub>2</sub>e-utslipp.**

Fiskeri og havbruk følger to helt forskjellige veier i produksjonen av fisk. Dette gir vidt forskjellige typer miljøbelastninger, men utslippet av CO<sub>2</sub>e er forbausende nok det samme. Dette ser vi av søylene B og D i diagrammet på side 12-20. Søylene gjelder for fiske av torsk og oppdrett av laks. I begge tilfelle er utslippet ca. 2,0 kg CO<sub>2</sub>e/kg fisk før filetering. Årsaken til den store likheten er først og fremst at oppdrettsfôret i betydelig grad er basert på marine råstoffer, fra industrifiskerier, som selvsagt må bære sin del av CO<sub>2</sub>e-utslipp. Som vi har sett ovenfor, inneholder fôret også mer enn 50 % vegetabiler fra landbruk, men også disse er "beheftet" med CO<sub>2</sub>e-utslipp gjennom gjødsling og innhøsting.

**CO<sub>2</sub>e-utslipp fra kjøttproduksjon i landbruket.** Det vises til boks i marginen. Her ser vi at kjøttproduksjon i landbruket per kg produkt belaster miljøet med vesentlig større CO<sub>2</sub>e-utslipp enn fiskeriene. Dette forholdet øker havets betydning i matproduksjonen.

**Klimagassutslipp fra produksjon av matvarer [kg CO<sub>2</sub>e/kg kjøtt]**

**Kjøtt fra fisk. Fra [12.7]**

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Sild, rundfryst            | 0,6  |
| Makrell, rundfryst         | 0,65 |
| Torsk, fryst filet         | 2,0  |
| Oppdrettslaks, fryst filet | 2,0  |
| Sei, fryst filet           | 2,3  |
| Hyse, fryst sløyet         | 3,3  |

**Kjøtt fra landbruk. Fra [12.10]**

|                        |      |
|------------------------|------|
| Kylling                | 4,6  |
| Svinekjøtt             | 6,4  |
| Rødt kjøtt, fra storfe | 15,8 |
| Rødt kjøtt, fra får    | 17,8 |

Utslippet fra fiskeproduktene omfatter CO<sub>2</sub>, som kommer fra forbrenning av fossile brenslers, samt kuldemedier fra kjøleanlegg omregnet til CO<sub>2</sub>e-utslipp. Utslippet fra landbruksproduktene består av 10 % vanlig CO<sub>2</sub> og 90 % metan (CH<sub>4</sub>) og lystgass (N<sub>2</sub>O). Metan dannes ved drøvtygging og i gjødsl. Lystgassen kommer fra kunstgjødsl brukt til dyrking av kraftfôr. Tallene bør betraktes som eksempler; det finnes flere kilder og metoder for beregning av utslippene, særlig for kjøtt fra landbruket.

## Havbruksteknologi

# Helse og velferd. Miljø og økologi



**Vaksinasjon av laksesmolt**



**En glad laks?**



**Leppefisk spiser lakselus** (Foto: Marine Harvest)

### Helse og velferd

**All laks vaksineres, men vi trenger mer kunnskap.** I oppdrett samler en mange individer på et lite område, og fisken kan lett bli rammet av ulike bakterie- og virussykdommer eller av parasittinfeksjoner.

I dag blir derfor alle individene stikkvaksinert mot en rekke bakterie- og virussykdommer. En mangler imidlertid gode vaksiner mot alle virustypene som kan smitte laks. Andre smitteforebyggende tiltak er derfor også viktige for å forhindre eller begrense smittepress og spredning. Vaksinene kan også gi bivirkninger som er negative for fiskevelferden. En trenger derfor kunnskap om smittestoff, smitteveier og spredning, fiskens forsvarsmekanismer og hvordan en skal få vaksiner til å gi god beskyttelse uten negative bivirkninger.

**Velferd.** I oppdrett har vi ansvar for at fisken opprettholder god velferd, men det store antallet individer og vanskeligheter med både å måle miljøet samt overvåke individene i de store oppdrettsenhetene representerer en utfordring. I tillegg har vi fremdeles begrenset kunnskap om miljøkrav og tålegrenser for ulike miljøfaktorer, og oppdrettsprosedyrer i de ulike livsstadiene hos laks og hos annen oppdrettsfisk. Det er derfor viktig å frembringe slik kunnskap og å utvikle teknologi og metoder for å kunne overvåke velferd hos laks i oppdrett, samt å sikre oppdrettsmiljø som laksen kan mestre.

### Lokalisering og miljøeffekter

**Størrelse og plassering av merder.** Mesteparten av lakseproduksjonen skjer i store merder i sjøen, og oppdrettsmiljøet blir da i stor grad bestemt av plassering og utforming av disse merdene. Oppdrettsmiljøet har stor betydning for fiskens trivsel og helse, samt for spredning av avfallsstoff fra laksen. Vannstrøm, oksygeninnhold, temperatur, bølger og saltholdighet er viktige miljøfaktorer i så måte. Dybden og størrelsen på merdene er viktig for laksens mulighet til selv å velge miljø, og fisketettheten har stor betydning for blant annet oksygeninnholdet i merdene.

Stor biomasse på et lite område kan overbelaste bæreevnen på en gitt lokalitet, og høy produksjon i et større område kan i sum gi uønskede regionale miljøeffekter: enten som overgjødning, utslipp av smittestoff og lakselus, eller genetiske effekter av rømt fisk. Avstand mellom enkeltmerder og anlegg er viktig både med hensyn til punktbelastning av utslipp og smittespredning mellom anlegg.

## Rømt fisk og økologiske effekter

**Rømt laks kan gi genetisk endring.** En god del laks og regnbueørret rømmer fra oppdrettsanleggene hvert år. Oppdrettslaksen er avlet fram fra en rekke norske villaksstammer fra tidlig på 1970-tallet. Regnbueørreten kommer fra vestkysten av Nord-Amerika. En del av den rømte laksen overlever, og vandrer tilbake til lakseelver der den kan krysse seg med villaks. Dette kan føre til genetisk endring av de ville bestandene. Rømt laks og regnbueørret kan også bringe med seg smitte ut i fjordsystemene og opp i elvene. Vi har fremdeles begrenset kunnskap om tålegrensen for slik genetisk påvirkning. Årsaker til rømning er illustrert i figur på neste side.

**Er steril fisk en løsning?** I tillegg til tiltak for å begrense og forhindre rømning, fins det også andre metoder for å unngå genetiske effekter på ville stammer. Det er nemlig relativt enkelt å produsere steril fisk ved å bruke trykksjokk på eggene like etter befruktning. Imidlertid har en ennå ikke nok kunnskap om alle de velferdsmessige og produksjonsmessige sidene ved en slik metode.

## Bærekraft og utfordringer

Hovedutfordringene for oppdrettsnæringen er å sikre framtidig bærekraft. Dette krever blant annet følgende tiltak:

- Vi må få mer kunnskap om fiskehelse, velferd og smittespredning.
- I tillegg til økonomisk og sosial bærekraft, må vi ta enda bedre vare på miljøet.
- De marine råvarene i fôrproduksjonen må produseres på bærekraftig vis. De viktigste fiskeartene som produseres i Norge, er rovfisk som i vill tilstand spiser omtrent 10 kg fisk for å legge på seg 1 kg.
- Spørsmål om arealbruk, konkurrerende bruk av havet, osv. blir viktige vurderinger i kommunenes kystsoneplaner.
- Biprodukter fra næringen må utnyttes i sin helhet.
- Rømning av oppdrettsfisk må stoppes.
- Parasitten lakselus på villaks har vært velkjent i generasjoner, og mengden av lus har variert sterkt fra år til år. Hensynet til villfisk og hensynet til helse og velferd i oppdrettsanleggene tilsier at luse-nivået i merdene må holdes lavt. Dette er et betydelig problem.
- Klimapåvirkningen fra fiskeri og havbruk er i hovedsak knyttet til energibruk og CO<sub>2</sub>-utslipp. Fiskeri og havbruk kommer godt ut sammenlignet med kjøttproduksjonen i landbruket.
- Utslipp av næringssalter (nitrater og fosfater) i havet utgjør et lite miljøproblem i Norge. En konsentrasjon av oppdrettsanlegg i områder med ugunstige strømforhold kan likevel føre til uheldige forhold lokalt. Anleggene må derfor plasseres i åpne farvann med gunstige strømforhold.



*Fôrflåte og merd*



*En ny generasjon serviceskip*



*Åpne farveann er gunstig, men gir tøffe arbeidsforhold*

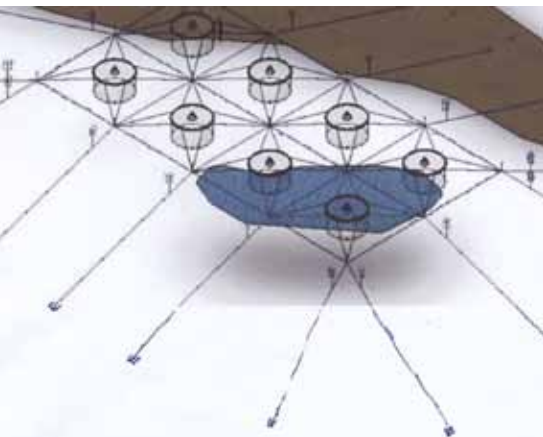
## Havbruksteknologi

# Merder og fôring



### Detaljer fra en plastmerd

Utforming av bærende konstruksjon for merder bygget opp av plastrør, sveiset sammen til to konsentrisk ringer. Rørene gir nødvendig oppdrift (se oppgave 12.5).



### Fortøyning

Det er store krefter som kan virke på en merd, og kravene til fortøyning er strenge.

### Årsaker til rømming av oppdrettslaks.

Målsettingen for boka tilsier at vi må begrense den plass vi kan bruke på beskrivelser av de teknologiske sidene ved havbruk. Vi vil derfor nøye oss med å se nærmere på hvordan fisken holdes i sjøen, fôres og transporteres til land for slaktning.

**Merdsystemer.** I prinsippet finnes det fire typer merdsystemer:

- sirkulære, frittliggende merder, med trålpøser hengt opp i ringformede konstruksjoner av plastrør, som gir nødvendig oppdrift i sjøen (se figur). Plastrørene har en viss elastisitet og deformeres på en passende måte i bølgegang
- firkantete, sammenbygde merder i stålkonstruksjoner, med sammenhengende gangveier rundt merdposene og med separate oppdriftselementer. Konstruksjonene blir stive og må utformes med ledd av hensyn til bølgepåvirkning. Brukes mindre og mindre.
- lukkede, flytende anlegg med tvungen vannsirkulasjon
- lukkede anlegg på land, med tvungen vannsirkulasjon

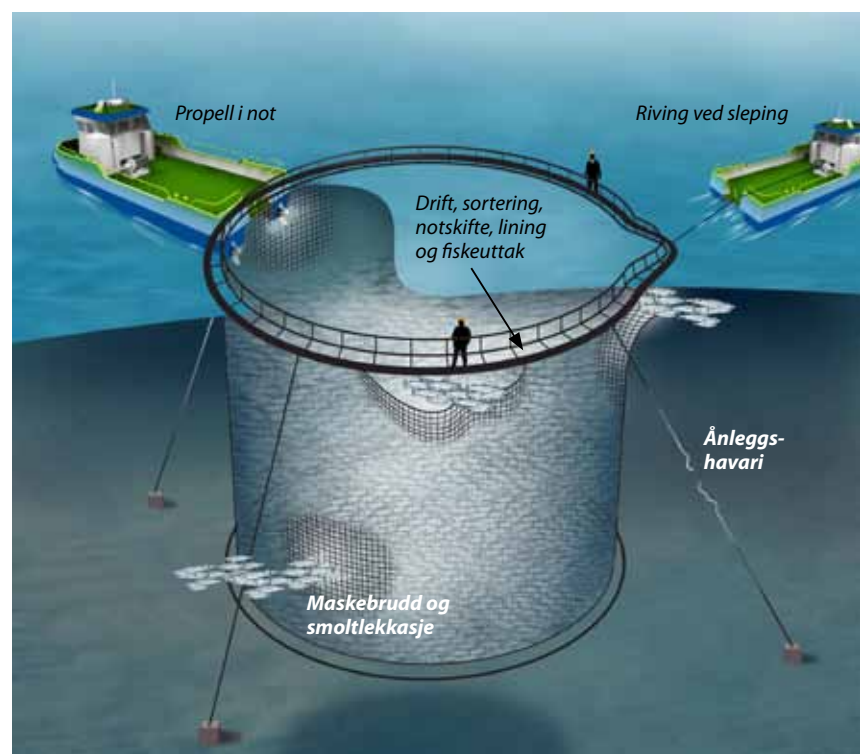
I dag er det nesten utelukkende den førstnevnte typen som er i bruk, men i framtiden kan kanskje lukkede anlegg bli mer interessante.

### Oppbygging av runde plastmerder

**160 m i omkrets.** Hovedkonstruksjonen framgår av den øverste figuren. Merdene kan lages i forskjellige størrelser. De største kan ha en omkrets på 160 m. Det stilles meget strenge krav til utforming og styrke på alle deler av konstruksjonen.

**Oppdrettsmengde.** Mengden av laks som maksimalt kan gå i en merd er avhengig av merdens dimensjoner, fiskens størrelse og maksimal tetthet (antall fisk per  $m^3$ , se oppgave 12.10).

**Rømming.** Det er av største viktighet å hindre rømming av oppdrettsfisk. Nedenfor ser du mulige årsaker til at dette skjer.





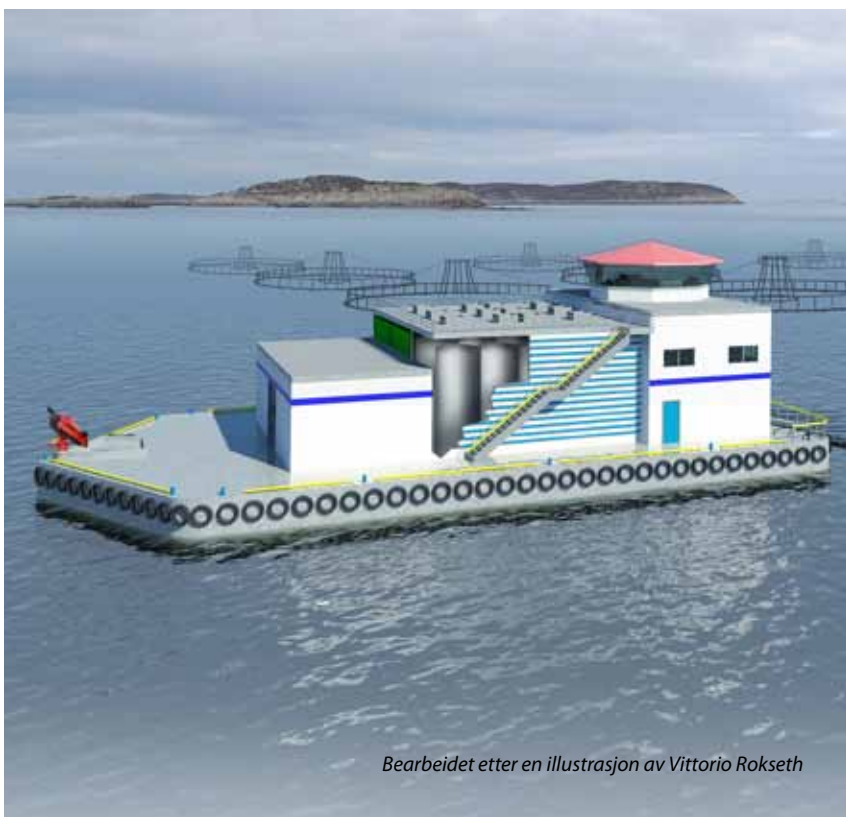
## Fôring

**Fôringen er det viktigste av alt i et havbruksanlegg.** Den er av avgjørende betydning for fiskens helse, velferd og tilvekst, og dermed for anleggets sluttresultat. Fôrets sammensetning har vi omtalt foran. Det kommer fra egne fôrleverandører, som kontinuerlig driver utstrakt forskning for å finne fram til det beste produktet.



**Automatisk fôring.** For å sikre en riktig fordeling til all fisken, skjer tilførsel til merdene og spredningen her automatisk (se figur med tekst nedenfor). Det brukes to forskjellige prinsipper for fôringen: måltidsfôring (appetittfôring) og døgnkontinuerlig fôring. Den førstnevnte metoden krever sensorer i merden (for eksempel TV-kameraer med overføring til kontrollrom). Her kan røkteren se når fisken er mett. En smolt kan ha en tilvekst på 2,5–3 % per dag hvis temperaturen er tilfredsstillende, mens en fisk på 4,5 kg under tilsvarende forhold kan legge på seg 0,5 %.

**Fôringsflåter.** Det blir mer og mer vanlig å styre fôringen fra egne fôrflåter i stedet for å gjøre det fra anlegg på land. Merdene flytter stadig lenger utover i fjordene, og adkomst over vei blir vanskeligere. I stedet må det benyttes sjøtransport, og nødvendige støttefunksjoner må bygges opp på flåter som stasjoneres på de nye oppdrettsstedene. Flåtene blir utstyrt med siloer for lagring av fôr, og med komplette fôringsanlegg inklusiv kontrollrom for alle de digitale systemene som etter hvert har blitt nødvendige i oppdrettsanlegg. En slik fôringsflåte er illustrert nedenfor.



Bearbeidet etter en illustrasjon av Vittorio Rokseth

## Automatisk fôring

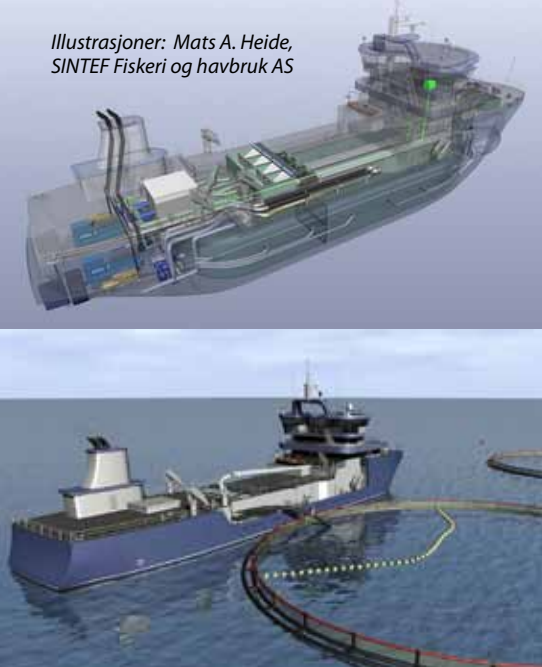
Fôret leveres i form av pelleter, som ved hjelp av trykkluft fra fôrblåsere drives gjennom plastrør (fôrlinjer) ut til de enkelte merder. Pelleten lagres i siloer, enten på en landbase (som i denne figuren) eller på en fôringsflåte (som i figuren nedenfor). På vei ut fra siloen, passerer den fôrvelgere, som regulerer og registrerer type og mengde fôr, digitalt styrt av et program tilpasset fisken i hver merd. Både fôrtype, antall fôringer per dag og mengde per fôring bestemmes av fiskens alder. Årstid og vannets temperatur spiller også rolle. Alle nødvendige data er lagt inn i programmer som settes opp i samråd med fôrleverandøren.

**Fôringsflåte med siloer for lagring av fôr, fôringsanlegg for en rekke merder, kontrollrom for styring av fôringsanlegget og registrering av fôringsdata, fiskens tilstand, miljødata, osv.** Registrering av miljøet kan blant annet omfatte vannets temperaturer og oksygeninnhold, bølgehøyder og strømforhold. Flåten inneholder også oppholdsrom og lugarer for driftsteknikere, røktere og annet personale.

## Havbruksteknologi

# Brønnbåter, lasting og lossing

Illustrasjoner: Mats A. Heide,  
SINTEF Fiskeri og havbruk AS



**Smitte av sykdommer tas meget alvorlig i oppdrettsnæringen. Les nedenfor om hvordan dagens brønnbåter har omfattende og avansert utstyr for å hindre spredning av smittsomme sykdommer**

Mange av fartøyene er arrangert for transport av levende fisk i både åpne og lukkede systemer. De er spesielt utstyrt for å ha full kontroll på alt sirkulert vann som strømmer gjennom lasterommet, og har avlusingsystemer. Både lossing og lasting kan foregå gjennom fisketellere og maskiner for størrelsessortering. Nyere fartøyer har ozon desinfeksjonsanlegg, system for overvåking og regulering av oksygen- og PH-nivå i vannet i lasterommet. De har også oksygerings- og resirkulasjonssystem for føring av fisken i lukket system, RSW-anlegg, automatisk vaskesystem for lasterom og rørsystem, samt UV-anlegg for desinfisering av sirkulert vann til og fra lasterommet m.m.

Virksomhet til sjøs medfører nesten alltid bruk av båter i en eller annen form. I havbruk er det blant annet behov for persontransport til og fra merdene, diverse "servicebåter" for arbeid med vedlikehold av nøter, merdkonstruksjoner og fortøyninger, samt spesialbåter for transport av levende fisk til og fra merdene. Slike båter kalles gjerne brønnbåter, og vi skal se litt nærmere på disse

**Gammel metode for transport av fisk med skip.** Brønnbåter har rom eller "brønner" - hvor friskt sjøvann sirkulerer, slik at fisken kan føres levende. Friskt vann kan strømme inn i brønnen gjennom inntak forut, drevet av båtens fart gjennom vannet, og forsvinne ut igjen gjennom ventiler akterut. Levende fisk er blitt transportert med skip på denne måten i lange tider. For eksempel sendte islendingene levende fisk til England med seilskip på slutten av 1800-tallet.

Når det gjelder stabilitet, må fartøyene konstrueres for å håndtere fri overflate-effekten (se side 2–19).

**Flere behov for transport av levende fisk.** I dag omfatter behovene først og fremst transport fra oppdrettsmerd til slakteri og foredlingsanlegg. Det er også behov i fiskeriene for fangst av fisk som skal settes i merd for oppføring eller lagring. Dette blir gjort for å sikre pålitelig tilgang på fisk til ferskfiskmarkedene, som når fangstene er små på grunn av dårlig vær.

**Fisk kan også bli sjøsyk.** En del arter blir "sjøsyke" i dårlig vær. Kraftige akselerasjoner fører til at gassen kan presses ut av svømmeblæra, slik at fisken synker til bunns. Her blir den fort liggende i hauger, og vil så dø av mangel på oksygen. For å forhindre dette presses sirkulasjonsvannet opp gjennom en flat, perforert dobbeltbunn.

**Lasting og lossing.** For å unngå skader på fisken, tas vakuumpumper i bruk ved lasting og lossing av fisk. For å oppnå enda bedre kvalitet på fisken, kan en sette trykk på lasterommet slik at fisken kan "blåses" inn i slakteriet på en meget skånsom måte. Ved å avkjøle vannet i tanken under transporten (RSW), oppnår en å redusere stoffskiftet i fisken slik at den blir roligere. Dette gir bedre kvalitet på fiskekjøttet etter slakting, og dessuten blir bakterieveksten under og etter slaktingen redusert. Enkelte båter har muligheter for å la fisken svømme inn i båten uten bruk av pumping.

**Store brønnskip.** I oppdrettsnæringen har disse skipene økt i størrelse. I 2011 var typiske lengder omkring 70 m og tankkapasiteten ca. 2000 m<sup>3</sup>. Med 200 kg fisk per m<sup>3</sup> gir dette en kapasitet på 400 tonn per tur.

### Framtidig utvikling av norsk havbruk

Det vises til det vi tidligere har uttalt om framtidig utvikling av havbruk i Norge på side 12-11 samt framtidige utfordringer for havbruk på side 12-29.

## Havbruksteknologi

# Enorme mengder laks og verdier i en merd

### Merd av største type:

Dimensjoner: 160 m omkrets, 50 m dybde.

**Volum 103 000 m<sup>3</sup>**

Maks. tillatt tetthet: 25 kg/m<sup>3</sup>.

**2,5 millioner kg biomasse**

Biomasse per laks: 2,5 kg.

**Plass til 1 million laks**

Fiskeridirektoratet har imidlertid fastsatt en øvre grense for antall fisk i en merd til 200 000 individer

### De tre største næringene i Norge, regnet i eksportverdi

2012



2020



2050



# Oppgaver

## Hoveddata

Lengde i vannlinje 70,0 m  
 Bredde 15,0 m  
 Dypgang under utreise 5,65 m  
 Fart, ut- og hjemreise: 15 knop

### Data for trål og tråling:

To tråler brukes samtidig  
 Trålefart: 4,2 knop  
 Slepekraft per trål: 120 kN  
 Fangstrate per trål: 1,05 tonn/t  
 Tid med tråler ute før hal: 4,0 h

### Data for vinsj, innhaling og hydraulikksystem:

Innhalingskraft per trål: 105 kN  
 Innhalingsfart på trål: 1,8 m/s  
 Trommeldiameter: 1,5 m  
 Mek.virkningsgrad for vinsj: 0,95  
 Tid på en innhaling: 0,5 h  
 Geometr. volum pumpe: 0,6 dm<sup>3</sup>  
 Turtall på pumpe: 1500 o/min  
 Virkningsgrader for hydraulikk:

- Mekanisk-hydraulisk: 0,88
- Volumetrisk: 0,80
- Total: 0,70

## Virkningsgrader og spesifikt brenselforbruk for tråler

| Mekaniske energibehov som dekkes av hovedmotor   | Mekanisk virkningsgrad for kraftoverføring | Propulsjons virkningsgrad | Spesifikt brenselforbruk for hovedmotor |
|--|--|---------------------------|---|
| Ut/hjem  | 0,98                                       | 0,55                      | 0,20                                    |
| Leting   | 0,94                                       | 0,52                      | 0,30                                    |
| Tråling  | 0,96                                       | 0,50                      | 0,22                                    |
| Frysing  | -  | -                         | 0,25                                    |
| Skyting,   | -  | -                         | -                                       |
| haling,  | -  | -                         | 0,30                                    |
| tømming  | -  | -                         | -                                       |
| Elektriske energibehov for drift av utstyr i fabrikk og generelt utstyr om bord, dekket av hjelpemotor |  |                           | 0,24                                    |

Størrelsene er avhengig av belastning og turtall (se for eksempel figur side 7–20).

## Oppgave 12.1

Se side 12-11 med oversikt over verdiskapinger i næringene i den norske sjømatklyngen i 2010 og antatte verdiskapinger i 2050.

- Beregn alle verdiskapingene i prosent av totalene.
- Kommenter utviklingen innen de viktigste av disse næringene.
- Hva menes med "marine ingredienser"?

## Oppgave 12.2 (gruppearbeid for 2-3 elever)

Gruppen skal i denne og etterfølgende gruppeoppgaver gjøre diverse beregninger for en fabrikktråler som har hoveddata som vist i marginen. Tråleren har hjemmehavn i Ålesund og skal fiske i Barentshavet, ca. 720 nautiske mil borte. Den gjør **11 turer à 4 uker** i løpet av et år.

Oppgavene går først og fremst ut på å beregne brenselforbruk under de ulike operasjoner som fabrikktråleren gjennomfører under en slik tur, samt beregne totalt CO<sub>2</sub>-utslipp under turen og per kg fangst. Tråleren har en mellomhurtig hovedmotor på 4000 kW

- Bruk dataprogrammet Freeship til å fastlegge fartøyets volumdeplasement og en graf for motstandseffekten som funksjon av fart under utreisen.
- Skipet er utstyrt med maskineri som nevnt under hoveddata. Beregn brenselforbruket til framdrift under utreisen. Gå fram som vist i beregningseksempel på side 12-19. Aktuelle virkningsgrader og spesifikt brenselforbruk framgår av tabell i marginen.
- Under hjemreisen har skipets deplasement økt med ca. 500 tonn (forskjell mellom fangst og brenselforbruk). Bruk Freeship til bestemmelse av ny dypgang og dermed ny graf for motstandseffekt. Beregn brenselforbruket til framdrift under hjemreisen.

## Oppgave 12.3 (gruppearbeid)

Tråleren må i løpet av en tur bruke 30 % av tiden den er ute, til å lete etter fisk. For enkelhets skyld kan gruppen regne med at letingen hele tiden foregår med en hastighet på 9 knop. Bruk en middelvei av effektgrafene og bestem samlet brenselforbruk under letingen.

## Oppgave 12.4 (gruppearbeid)

Tråleren fisker med to tråler samtidig. 45 % av den tiden tråleren er ute per tur, brukes til tråling. Diverse data er gitt i boks i marginen. En fangstrate på 1,05 tonn/h kan synes lav, men er en gjennomsnittsverdi for et helt år. Trålene er typisk ute 4,0 timer før de hales inn.

- Hvor stor effekt må hovedmotoren yte under trålingen?
- Beregn totalt brenselforbruk og total fangst under trålingen.

## Oppgave 12.5 (gruppearbeid)

For innhaling av de to trålene brukes to hydraulisk drevne vinsjer som vist på side 12-22. Data for innhaling av en trål og tilhørende data for vinsj- og hydraulikksystem er gitt i marginen på neste side. Hydraulikk-systemets pumpe er koblet til kraftuttak på hovedmotoren. Beregn:

- nødvendig turtall, dreiemoment og tilført effekt på vinsjen
- effekt fra hydraulisk motor og tilført effekt til pumpe.
- teoretisk og effektiv volumstrøm fra pumpe, og teoretisk og effektivt, disponibelt trykkfall i hydraulikksystemet
- totalt brenselforbruk i løpet av alle hal

**Oppgave 12.6 (gruppearbeid)**

Fryseanlegget om bord i tråleren bruker CO<sub>2</sub> som kuldemedium. Kuldeprosessen er som vist på side 12-25, med entalpidata som notert. Fryserommet om bord er på 1130 m<sup>3</sup>. Kompressoren er koplet til kraftuttak på hovedmotoren. Fryseanlegget er dimensjonert slik at det kan fryse ned inntil 40 tonn fiskeprodukter per døgn.

- a) Bruk erfaringsverdier for trålerens kuldebehov på side 12-18 til å regne ut den effekt som må tilføres kuldeanleggets kompressor i perioder med maksimalt kuldebehov. Beregn sirkulert strøm av kuldemedium per tidsenhet og kuldefaktorens størrelse.
- b) Beregn totalt brenselforbruk på hovedmotoren per tur. Regn med at fryserommet skal være operativt hele tiden, og at alle produktene fra fangsten skal ha blitt nedfrost i løpet av turen.

**Oppgave 12.7 (gruppearbeid)**

I oppgavene foran er det verken tatt hensyn til energibehov til drift av utstyr for bearbeiding av fangsten eller andre behov for elektrisk energi ombord under turen. Dette skal vi gjøre ved å anta at tråleren er utstyrt med en mellomhurtig hjelpemotor på 1500 kW. Vi antar videre at denne i gjennomsnitt yter 300 kW under hele turen. Inkluderer brenselforbruket for hjelpemotoren kan det da til slutt settes opp en fullstendig oversikt over brenselforbruket for fabrikktråleren under turen.

- a) Beregn hjelpemotorens brenselforbruk for hele turen .
- b) Ved å fylle ut tabellen i margin skal det lages en sammenstilling av de totale brenselforbruk for trålerens operasjoner under turen.
- c) Beregn energiforbruket målt i kg brensel/kg fangst (rund fisk).

**Oppgave 12.8**

- a) Bruk verdien fra punkt c) i oppgave 12.7 til å beregn fabrikktrålerens CO<sub>2</sub>-utslipp per kg fangst (rund fisk). Se side 12.20. Hvor stor fangst gir et utslipp på 1,0 kg CO<sub>2</sub>?
- b) Hvor langt kan en middels stor personbil kjøre før den har sluppet ut 1,0 kg CO<sub>2</sub>? Data framgår av figur i margin.
- c) Hvor mye kyllingfilet kan produseres før dette har gitt et CO<sub>2</sub>-utslipp lik 1,0 kg? Data i margin.

**Oppgave 12.9**

Det vises til figur side 12-29, hvor förfaktoren for oppdrettslaks er oppgitt til 1,1. Fôret består av 55 % vegetabilier, 29 % fiskemel og 16 % fiskeolje. De sistnevnte bestanddelene kommer fra industrifisk som gir 23 % mel og 8 % olje.

- a) Beregn hvor mye industrifisk som må fanges for å lage 1,1 kg fôr.
- b) Hvor mye fiskemel og andre rester fra industrifisken blir det til overs fra produksjonen av 1,1 kg fôr?

**Oppgave 12.10**

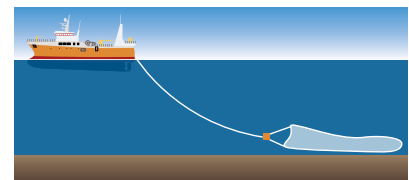
En rund laksemerd har en omkrets på 120 m og en dybde på 40 m. Laksene som går i merden har i gjennomsnitt en biomasse på 2,3 kg, og gir en tetthet på 24 kg biomasse per m<sup>3</sup> volum i merden.

- a) Beregn merdens volum og antall laks den inneholder.
- b) Beregn hvor mange kyr à 400 kg som tilsvarer samme biomasse som laksene i merden.

| Operasjoner                                   | Tid Timer (%) | Brenselforbruk Tonn (%) |
|---|---------------|-------------------------|
| Ut /hjem                                      |               |                         |
| Leting  |               |                         |
| Tråling                                       |               |                         |
| Haling <sup>1)</sup>                          |               |                         |
| Tømming + skyting                             | 34 (5)        | ~ 0101                  |
| Elkraft-behov til bearb, av fangst + generelt | 2)            |                         |
| Frysing                                       | 2)            |                         |
| <b>Totalt</b>                                 |               |                         |

1) Begge tråler hales samtidig. varighet: 0,5 time

2) Skjer parallelt med annen aktivitet



$$0,39 \frac{\text{kg diesel brensel}}{\text{kg fangst (rund fisk)}}$$



$$0,52 \frac{\text{dm}^3 \text{ bensin}}{\text{mil blandet kjøring}}$$

Tetthet for bensin:  $0,75 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$



$$2,5 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg kyllingfilet}}$$

**Figur til oppgave 12.8:**

Tre prosesser som alle gir et utslipp på 1,0 kg CO<sub>2</sub> :

- fiske med trål
- drift av mellomstor personbil
- produksjon av kyllingfilet

## Referanser

- 12.1 Verdiskaping basert på produktive hav i 2050. Rapport fra en arbeidsgruppe oppnevnt av Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab (DKNVS) og Norges Tekniske Vitenskapsakademi (NTVA). 2012.
- 12.2 Torger Reve og Amir Sasson: Et kunnskapsbasert Norge. Univerditetsforlaget. 2012.
- 12.3 Rolf Danielsen, Ståle Dyrvik, Tore Grønlie, Knut Helle, Edgar Hovland: Grunntrekk i norsk historie. Universitetsforlaget. 1991
- 12.4 Statistisk årbok 2010. Statistisk sentralbyrå. 2010
- 12.5 Fikeridirektoratet: Fiskefartøy og fiskarar, konsesjonar og årlege deltakaradgangar, år 2011. Bergen 2012
- 12.6 Erwin M. Schau, Harald Ellingsen, Anders Endal, Svein Aa. Aanonsen: Energy consumption in the Norwegian fisheries. Publikasjon i Journal of cleaner Production. Number 17. 2009. Elsevier Ltd.
- 12.7 Friederike Ziegler, Ulf Winther, Erik Skontorp Hognes, Andreas Emanuelsson, Veronica Sand, Harald Ellingsen: The Carbon Footprint of Norwegian Seafood Products on the Global Seafood Market. Publikasjon i Journal of Industrial Ecology. Yale University. 2012.
- 12.8 Tabeller og offisielle omregningsfaktorer. Fiskeridirektoratet, 200x
- 12.9 Det Norske Veritas: Fish 2012, DNV Innovation Project
- 12.10 Framtiden i våre hender: Mitt klima. Kilde Sosial- og helsedirektoratet: Utviklingen i norsk kosthold 2007
- 12.11 Bernt Bjerkestrand, Terje Bolstad, Svein-Johan Hansen: Akvakultur. VG2 Forlaget Vett & Viten. 2011
- 12.13 Bellona: Forregnskap for oppdrett av laksefisk. [www.bellona.no/Havbruksweb](http://www.bellona.no/Havbruksweb)