FISKERIKANDIDATOPPGAVE

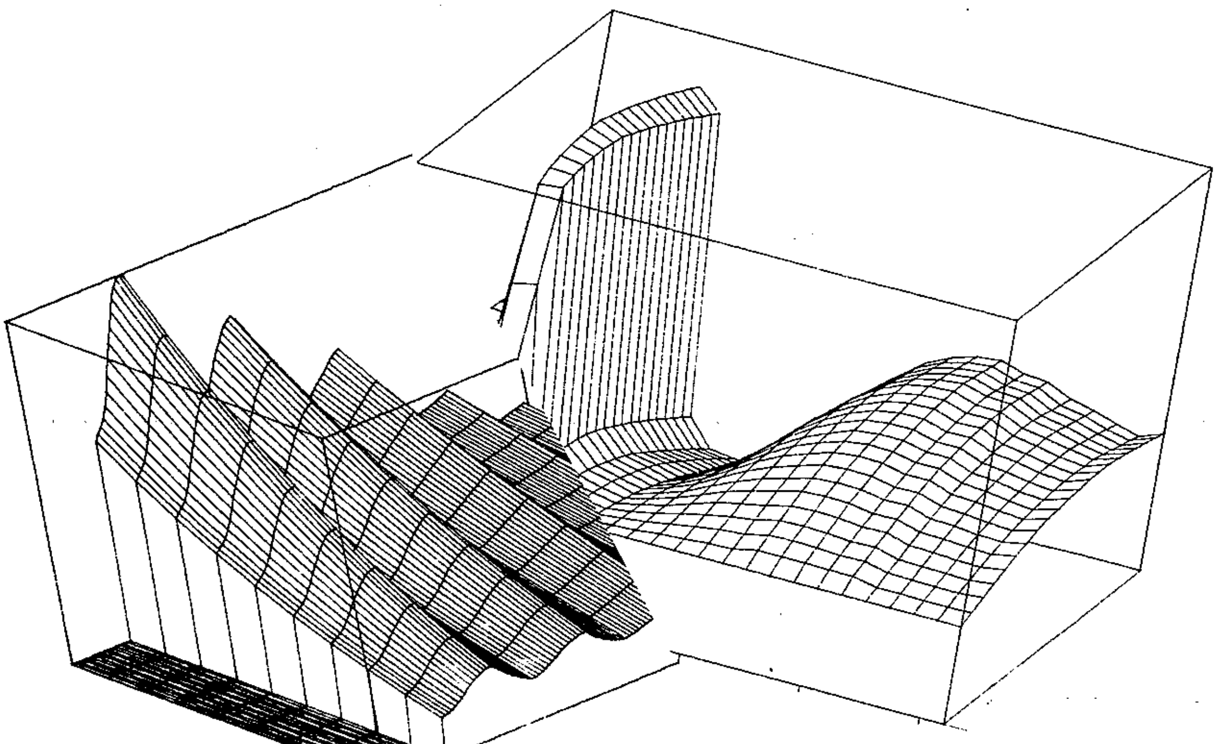
AV

EDGAR HENRIKSEN

Sommerloddefiske eller vinterloddefiske ?

En bioøkonomisk analyse av loddebestanden

i Barentshavet.



Institutt for Fiskerifag

Universitetet i Tromsø

1984

FORORD.

Med dette leveres min fiskerikandidatoppgave. Den er en del av fiskerikandidateksamen. Oppgaven har kostet et års hardt arbeide, mange frustrasjoner og mye fravær fra familien. Til gjengjeld har den gitt mange aha-opplevelser og gleden ved å fullføre et større arbeid. Jeg har dessuten lært endel bioøkonomi underveis.

Jeg vil rette en takk til min veileder cand. oecon. aman. Ola Flåten for god veiledning og oppklarende diskusjoner under utarbeidelsen av teorikapittelet og kostnadskapittelet. Fiskerikandidat Sigfus Kristmannsson, tidligere forsker ved FTFI-Tromsø, har vært til uvurderlig hjelp i programmeringsfasen og ved tilrettelegging av simuleringsopplegget. Han har bl.a. laget opplegget for alle de maskintegnede figurene. Uten hans hjelp ville EDB-opplegget blitt langt mere tidkrevende og dårligere. Takk Sigfus! Jeg vil også takke fiskerifagstudent Leif Longva for hans bidrag til kapittel 5..

Til sist vil jeg takke Det Kongelige Miljøverndepartement og NFFR for økonomisk støtte. Fra MD har jeg motatt støtte slik at jeg slapp å ta sommerjobb i innspurten med oppgaven. NFFR har finansiert deler av innsamlinga av det empiriske marerialet over prosjektet "Bioøkonomiske studier i Barentshavet" (IV 403.53).

Tromsø november 1984.

Edgar Henriksen.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

1. INNLEDNING.

I denne oppgaven vil jeg se på det "klassiske" bioøkonomiske problemet: Hvordan optimere økonomisk utbyte fra et fiskeri ? Fiskeriet brukt som case er loddefisket i Barentshavet. Lodda i Barentshavet beskattes i det alt vesentligste av Soviettunionen og Norge. Fisket foregår i to sesonger kalt vinterloddefisket og sommerloddefisket. Vinterloddefiske foregår under gyteinnsiget til Finnmarkkysten i tidsrommet januar - april. I denne sesongen leveres en del avlodda til konsum til høyere priser en resten av fangstene som går til oppmaling. Sommerloddefiske foregår mot slutten av beitesesongen, i tidsrommet august - november, fra Bjørnøya og nordøstover i Barentshavet. Lodda fiskes i hovedsak av ringnotflåten. Under vinterloddefiske står trålere for i underkant av 10% av oppfisket kvantum.

Lodda befinner seg på et lavt trofisk nivå, dvs den befinner seg nært starten i næringskjeden og beiter på en rekke arter dyreplankton. Loddas næringsopptak vil derfor avhenge av en sterk årsvariasjonen i tilgangen på byttedyr. Forekomstene av byttedyr bestemmes av årsvariasjonen i lys og næringssalter. Denne årsvariasjonen i næringstilgang er karakteristisk for alle planktonetere på høye breddegrader. Tilgangen på byttedyr har en syklisk utvikling med en topp hver sensommer/høst, hvoretter der raskt avtar mot 0. Dette medfører at loddas individvekst blir sterkt sesongpreget. Sesongvekstens og gytevandringens betydning ved samfunnsøkonomisk optimalisering vil bli analysert i denne oppgaven.

1.1. PROBLEMSTILLING.

Problemstillingen i denne oppgaven er relatert til hvilke implikasjoner biologiske faktorer som sesongvekst og gytevandring har å si for samfunnsøkonomisk optimal utnyttels av loddebestanden. I den videre framstillingen er forutsetningen at målsetningen med utnyttelsen av Barentshavlodda å oppnå størst mulig samfunnsøkonomisk overskudd i loddefiske. Denne målsetninga gir i seg selv ingen presis formulering av problemstillingen. En mere presis formuleringer er som følger: Gitt at målet er størst mulig samfunnsøkonomisk overskudd fra loddefiske under forutsetning av at mottakskapasiteten på land ligger fast, **hva betyr da:**

1) **Sesongveksten for valg av sesongstart og sesonglengde ?**
2) **Gytevandringen for valg av sesongstart og sesonglengde ?**
3) **Fartøystørrelsen for fiskets økonomiske resultat ?**
4) **Den store økningen i priser som innføringen av en konsumfiskesesong i et industrifiske for valg av sesongstart og sesonglengde ?**

Som det framgår av presiseringen av problemstillingen erikke selve det samfunnsøkonomiske optimum så interesant som hvordan ressursene skal allokeres for å finne dette. **Det jeg er ute etter å finne er den sesongstart, sesonglengde og den fartøystørrelse som skal brukes gitt den overordnede forutsetningen.** Jeg vil ikke bruke tid på å finne f.eks. bioøkonomisk likevekt. I denne oppgaven tar jeg ikke med mottakskapasiteten i den økonomiske analysen som annet enn en tekninsk beskrankning.

1.2. OPPGAVENS INNHOLD.

Oppgaven består av åtte kapittler som det er naturlig å dele inn i tre deler. Den første delen består av innledningen og teori (kapittlene 1. og 2.) og jeg betrakter denne som oppgavens viktigste del. Den andre delen består av datamaterialet og bearbeidelsen av dette (kapittlene 3., 4., 5., og 6.). Den tredje og siste delen består av simuleringamodellen og simuleringsresultatene. Simuleringsmodellen må betraktes somm bindeleddet mellom teorien og dataene. Kapittlene vil bli sumarisk presentert i avsnittene til dette underkapittelet.

I oppgaven betrakter jeg loddefiske som en case. Det viktigste med simuleringene i denne oppgaven er å skape en basis for en analyse i henhold til teorien. Av denne grunnen har jeg betraktet arbeidet med dataene som mindre viktig enn arbeidet med analysen og teorien. Følgen av at jeg har betraktet datamaterialet som mindre viktig er at jeg f.eks. ikke har gjennomført en større statistisk analyse av materialet. I de tilfellder jeg har laget kurver på basis av datamaterialet er disse øyetilpasset i stedenfor beregnet vha en passende statistisk metode. På tross av dette regner jeg datamaterialet tilstrekkelig gjennomarbeidet slik at analysens kvalitet ikke svekkes vesentlig.

En god del av beregningene som er gjort i denne oppgaven er gjort på grunnlag av data belagt med forenklinger og forutsetninger. Dette gjelder f.eks. fastfrysning av mottakskapasitet, flåtas fart og prisene. For disse dataene er det relativt enkelt teknisk å foreta sensitivitetsberegninger mhp resultatene, men det vil være relativt tidkrevende. Jeg har defor latt dette være til fordel for problemstillingene skissert tidligere i dette kapittelet.

1.2.1. TEORIEN (kapittel 2.).

Denne oppgaven begynte som en studie av hvilke implikasjoner sesongvekst har for valg av beskatningsstrategi. Dette preger teorikapittelet i meget stor grad. Behandling av prisendring i sammenheng med veksten er også behandlet relativt grundig i teorien. En faktor som det i den teoretiske analysen er brukt liten tid på er analyse av vilke økonomiske implikasjoner vandringsmønsteret har for utnyttelsen av en fiskeart. Jeg mener likevel at det er vist klart, om enn kort, hvorfor vandringsmønsteret påvirker det økonomiske resultatet.

I bioøkonomisk literatur er problemstillinger omkring sesongvekst i svært liten grad behandlet. Det finnes idag kun en artikkel som eksplisit behandler hvilke bioøkonomiske implikasjoner sesongvekst har. Dette er en artikkel av Flåten (1983a). I artikkelen modifiseres en Schaefer-type bioøkonomisk modell slik at den også kan benyttes til analyse av sesongvekst. I denne oppgaven er en tradisjonell Beverton-Holt type bestandsmodell forsøkt modifisert til et analyseverktøy for å kunne besvare problemstillingen.

Det er vanlig at en i en bioøkonomisk analyse kommer fram til pang-pang løsninger. Med dette menes at en på et gitt tidspunkt skal sette inn en meget stor fiskeinnsats. En fisker bestanden ned for siden å la denne bygge seg opp igjen til neste fiskeperiode. Dette stiller imidlertid krav til fiskets produktfunksjon som jeg mener ikke oppfylles i loddefiske. Kravet er at fiskeinnsatsen grenseproduktivitet er konstant. Som jeg skal vise senere er fiskeinnsatsens grenseproduktivitet ikke konstant, men avtakende i loddefiske. Behandlingen av denne typen produktfunksjon, og hva den betyr for valg av fangststrategi er viet stor oppmerksomhet i teorikapittelet.

1.2.2. LODDAS BIOLOGI (kapittel 3.).

I dette kapittelet er de biologiske input i simuleringsmodellen presentert. Dette inbefatter sesongvekst og tetthetsavhengig vekst. Den tetthatsavhengige veksten diskuteres i det videre lite. Prisene til fisker er avhengige av innholdet av fett og tørstoff i loddefangstene og følgelig er den prosentvise utviklingen i disse produktene fra lodde tatt med.

Rekruteringsfunksjonen er hentet direkte fra literaturen (Hamre og Tjelmeland, 1982) og vandringsmønsteret er funnet dels med støtte i literaturen (Hamre 1980) og dels på bakgrunn av fangststatistikk fordelt på ICES sine statistikkområder.

1.2.3. FANGST, FLÅTE OG FABRIKKSTRUKTUR (kapittel 4.).

Dette kapittelet omhandler grovt klasifisert det teknologiske aspektet ved loddefiske. Med dette menes fangstteknologien, representert ved seleksjon, utviklingen i fartøystøttelse og fabrikkstørrelser og lokalisering. For den videre analysen er den viktigste delen av dette kapittelet de produktfunksjonene som avledes fra gjeldene fabrikk- og flåtestruktur.

1.2.4. PRISER OG INNTEKTER (kapittel 5.).

Dataene for priser til konsum og oppmaling er innsamlet av medstudent Lief Longva. Han har også stått for største delen av bearbeidelsen av materialet. Dataene er i hovedsak hentet fra publikasjoner fra SSF og fra Nordsildmel. Prisene er i 1983 kr.

Dette kapittelet inneholder også opplysninger om fangstanvendelse. Med konsumlodde mener jeg i denne oppgaven all lodde som ikke går til oppmaling. Konsumloddemengder er fastsatt og plasert i de rette tidspunktene av året.

1.2.5. KOSTNADER (kapittel 6.)

Kostnadene for flåta er i første rekke hentet fra "Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 13 m l.l. og over". Kostnadene er prisjusterte opp til 1983 kr. Arbeidskraftkostnadene er satt til gjennomsnittelelig industriarbeiderlønn inlkudert sosiale utgifter.

Kostnadene til sildemelfabrikkene er ikke med. Grunnen er at disse er definert ut av problemstillinga.

1.2.6. SIMULERINGSMODELLEN (kapittel 7.).

Simuleringsmodellen benyttet i denne oppgaven er deterministisk og programert i Dynamo. Rundt programmet som uttrykker modellen er det laget en rekke styringsprogrammer som sørger for gjentatte kjøringer av modellen og som tar vare på simuleringsresultatene. De sistnevnte programmene er laget av fiskerikandidat Sigfus Kristmannsson, tidligere forsker ved FTFI-Tromsø. Modellen må betraktes som kombinering av teorien og de eksogent gitte dataene fra kapittlene 3., 4., 5., og 6..

I dette kapittelet presenteres også en oppsumering av hvilke forutsetninger modellen bygger på og endel av modellens begrensninger.

1.2.7. RESULTATER OG ANALYSE (kapittel 8.).

Resultatene er frambrakt ved simuleringer og vil bli pressentert enten i teksten, i figurer eller i tabeller. Resultatene vil bli vurdert og analysert i henhold til teorikapittelet og problemstillingen for denne oppgaven. Jeg vil i tillegg knytte endel komentarer til analysen.

1.3. SYMBOL- OG VARIABELLISTE.

I de fleste kapittlene introduseres det symboler og/eller variabler. I det følgende vil jeg liste opp symbolene og variablene brukt i denne oppgaven og forklare dem. I tillegg til denne listen er alle variablene forklart etter hvert som de introduseres. Variablene er presentert i alfabetisk rekkefølge. Jeg vil ikke ta med kombinasjoner av variabler og prefikser og postfikser dersom disse ikke inngår i definisjoner.

am: Antall mann ombord i et fartøy i loddefiske.

A,a og b: Paramerte som inngår i en mere avansert produktfunksjon.

AK: De samfunnsøkonomiske mannskapskostnadene .

AR: Gjennonsnittelig samfunnsøkonomisk inntekt.

B: Gytebestanden i millioner tonn, Denne størrelsen er benyttet ved beregning av antall rekrutter.

BF: Basis fettinnhold brukt under beregning av oppmalingspris (GP).

B_o: Konstant parameter som inngår i rekruttfunksjonen.

BK: Brennstoffkostnadene for et fartøy i perioden.

BP: Basispris ved oppmaling.

BT: Basis tørstoffinnhold brukt under beregningen av oppmalingspris (GP).

c: Kostnad per fiskeinnsatsenhet.

c_F: Faste kostnader per fartøy.

C(t): Antall individer i fangst.

dk: Driftsavhengige kostnader per døgn per fartøy.

DK: Driftsavhengige kostnader i en simuleringsperiode per fartøy.

e: Et fartøys fiskeinnsats.

E: Flåtas fiskeinnsats. I teorien er denne ubenevnt. I simuleringsmodellen er den gitt som fartøy/periode.

E_{mey}: Den fiskeinnsats som gir maksimum økomomisk utbytte.

E_{msy}: Den fiskeinnsats som gir størst vedvarende fangstvolum fra en bestand

f: Fettinnhold i lodda.

fd: Utseilt distanse for et fartøy i en periode.

F: En årsklasses momentane fiskedødelighetsrate.

FC: Faste kostnader i fiske.

F_{max}: En stor nok fiskeinnsats til å tilfredstille en pang-pang løsning.

FS: Fettreguleringssatsen til bruk ved beregninger av oppmalingspris (GP).

F(V): Drivstofforbruket per n.mil ved en gitt hastighet (V).

GP: Pris per hl lodde til oppmaling.

G(W): En bestands tilvekst slik den uttrykkes i Schaefer-modellen.
h og k: parametre i en produktfunksjon.
i: Heltall som angir en årsklasses alder.
I: Seleksjonskoeffisient.
j: Indeks som angir sesong i forbindelse med fastleggelsen av prisene til konsum og oppmaling.
kk: Kapitalkostnader per driftsdøgn per fartøy.
K: Kritisk biomasse benyttet ved beregningen av tetthetsavhengig vekst.
KK: Kapitalkostnader per periode per fartøy.
KF: Fangster levert til konsum.
KR: Inntekter fra konsumleveranser.
KP: Sesongavhengig konsumpris.
M: En årsklasses momentane naturlige dødelighetsrate.
MC: Marginale kostnader.
MR: Marginale inntekter.
MSY: Maksimalt vedvarende utbytte.
N(t): Antall individer i en årsklasse ved tidspunkt t.
OR: Inntektene fra lodde til oppmaling.
p,p(t): Pris som hhv konstant og som variabel mhp tid.
PV: Nåverdien av et innbetalingsoverskudd fra fiske.
q: proporsjonalitetskonstant.
r: Bestandens underliggende vekstrate slik den uttrykkes i Schaefer-modellen.
r(t): Bestandens underliggende vekstrate når denne har sesongvariasjon.
R: Antall rekruttet i 10^{10}, denne betegnelsen brukes i forbindelse med beregningen av produktfunksjonen.
R_m: Konstant parameter som inngår i rekruteringsfunksjonen.
ST: Tid i døgn brukt til steaming.
SW(t): Gytebiomasse ved tidspunkt t.
tt: Tørstoffinholdet i lodda.
t_g: Det årlige gytetidspunktet.
t_{min}: Årlig minimum i individvekt når en årsklasse har sesongvekst.
t_{max}: Årlig maksimum i individvekt når en årsklasse har sesongvekst.
t_p: Lengde av en simuleringsperiode.
t_-: Årlig minimum i biomasse når en årsklasse har sesongvekst.
t_+: Årlig maksimum i biomasse når en årsklasse har sesongvekst.

TC: Samlede samfunnsøkonomiske kostnader.

TF: Samlet fangst i en periode.

TR: Samlede samfunnsøkonomiske inntekter.

TS: Tørrstoffreguleringssats til bruk under beregning av oppmalingspris (GP).

u(t): Tettetsavhengig vekstfaktor.

v: Fangsthastighet; fangstmengde per tidsenhet.

V(t): Årsklassen eller bestandens nominelle verdi på tidspunkt t.

VC: Variable kostnader, kostnader direkte avhengig av drift.

w(t): Gjennomsnittelig individvekt i en årskasse ved tidspunkt t.

w^*: Største mulige individvekst, liten bestand.

W: En bestands eller en årsklasses biomasse.

W_L: Likevektsbiomasse; Fangst og tilvekst er like store.

W_{ia}: En årsklasses vektandel i fangsten.

W_K: Kritisk biomasse benyttet i sammenheng med tethetsavhengig vekst.

W_{max}: Den bestandsstørrelse hvorved G(W) = 0.

W_{mey}: Den bestandsstørrelse hvorved en har største samfunnsøkonomiske overskudd.

W^*: Optimal biomassestørrelse når bestanden betraktes i et kapitalteoretisk perspektiv.

y: Fangsten fra ett fartøy.

Y: Flåtens fangst.

YC: Kostnader prororsjonale med fangstens størrelse.

Y_L: Likevektsfangst; Fangst og tilvekst er like store.

Y_{tak}: Mottakskapasitetens øvre grense.

Y^*: Optimal fangst når bestanden betraktes i et kapitalteoretisk perspektiv.

λ : Samfunnets diskonteringsrate (alternativ avkastning på kapital).

Π : Profitt, samfunnsøkonomisk overskudd.

Φ_λ : Utviklingen i biomasse når en bestand beskattes i henhold til Fisher regelen.

2. BIOØKONOMISK TEORI

I dette kapittelet vil jeg presentere bioøkonomisk teori. Først presenteres en enkel bioøkonomisk modell som senere utvides til å omfatte det teoretiske rammeverket for denne oppgaven. Denne framgangsmåten velges fordi sentrale begreper og problemstillinger kan defineres på en enkel måte, for siden å benyttes i det teoretiske rammeverket som er spesiellt for denne oppgaven, nemlig sesongvekst.

2.1. GENERELL BIOØKONOMISK TEORI.

Generelt drøfter bioøkonomisk teori økonomisk tilpassing ved utnyttelse av levende naturressurser. Sentralt i denne teorien står diskusjonen om effekten på det samfunnsøkonomiske resultatet ved uregulert og regulert tilgang til å utnytte ressursen. For å kunne foreta en bioøkonomisk analyse er det nødvendig å kjenne naturressursens vekstpotensiale, utbyttets verdi og kostnadene ved utnyttelse av ressursen.

Den mest sentrale delen i bioøkonomisk teori er bestandsmodellen som beskriver naturressursen. I det følgnede er naturressursen fisk og jeg vil innlede teorikapittelet med å benytte en relativt enkel bestandsmodell kalt Schaefermodellen. Fiskeriøkonomisk teori har tradisjonelt vært oppbygd omkring denne modellen. Årsaken er antageligvis at den er enkel å løse analytisk og at de analytiske løsningene er lette å tolke. Modellen vil bli benyttet til å avklare sentrale bioøkonomiske begreper og problemstillinger. Senere vil jeg utvide teoridelen til også å omfatte Beverton & Holt-modellen (heretter B&H-modellen). Til sist analyseres økonomien i et fiskeri der individene har en utpreget sesongvekst ved hjelp av modifisering av B&H-modellen.

2.2. FISKERIØKONOMISK TEORI BESKREVET VED HJELP AV SCHAEFER-MODELLEN.

Schaefer-modellen er en bioøkonomisk modell basert på bestandens overskudds produksjon. (Eng.: surplus production models). Modeller av denne typen kjennetegnes av at de beskriver en bestands potensielle utbytte på grunnlag av forekomster uten informasjon om individvekst, rekrutering eller dødelighet (Eliassen, 1982).

Grunnlaget for Schaefer-modellen ble lagt allerede i 1838 av Velhulst (Velhulst, 1838; sitert i Flåten, 1983a) hvor han modelerer sigmoid bestandstilvekst. Bestander med tilvekst som lar seg beskrive ved hjelp av den sigmoide grafen har liten tilvekst når bestanden er liten, rask tilvekst ved midlere verdier og avtagende mot null tilvekst når bestanden vokser mot en øvre grense.

Teorien angående sigmoid bestandstilvekst er videreutviklet av Schaefer (1957; sitert i Eliassen 1982). En bestand med biomasse **W** som det ikke fiskes på vil ha en tilvekst **G(W)** som er avhengig av bestandsstørrelsen. Dette kan utrykkes på følgende måte:

$$dW/dt=G(W) \tag{1}$$

Verbalt vil denne formelen utrykkes som følger: Endring av bestandsstørrelsen over tid er avhengig av bestandsstørrelsen selv.

Det neste problemet som må løses for å komme videre er å finne G(W). Basert på Velhulst (op.cit) Schaefer en funksjon ved følgende resonement: Bestanden vokser mot en grense W_{max} og tilveksten er proporsjonal med bestandsstørrelsen W og en underliggende vekstrate **r**. G(W) kan følgelig uttrykkes slik:

$$G(W) = dW/dt = rW(1-W/W_{max}) \tag{2}$$

Grafen til G(W) vil være en parabel som skjærer W-aksen ved W=0 og $W=W_{max}$. Toppunktet, eller maksimat tilvekst, finnes ved å derivere G(W).

$$G'(W) = r(1-2W/W_{max}) \tag{3}$$

Ved maksimal tilvekst er den deriverte av tilvekstfunksjonen =0.

$$G'(W) = 0 \tag{4}$$

Ved å kombinere ligning 3 og ligning 4 får en:

$$G'(W) = 0 \text{ når } W = W_{max}/2 \tag{5}$$

Settes maksimalbetingelsen fra ligning 5 inn i ligning 2 så finnes den største tilveksten bestanden kan ha:

$$G_{max}(W) = (r/4)W_{max} \tag{6}$$

2.2.1. PRODUKTFUNKSJONEN - SAMMENHENGEN MELLOM W OG Y.

Et fiskeri kan betraktes som en produksjonsprosess. Vanligvis diskuterer økonomisk teori allokering av arbeid og kapital mhp produsert mengde. For et fiskeri vil også en tredje faktor nemlig bestandens situasjon og utvikling være et sentralt punkt i en diskusjon om utbytte. I denne sammenhengen er det interessant om det finnes en enkel matematisk sammenheng mellom utbytte (yield, Y), W og fangstinnsats (effort, E=E(arbeid,kapital)). En slik relasjon vil være en bioøkonomisk produktfunksjon.

Fiskeinnsatsen diskuteres vanligvis uten å ta hensyn til alokering av arbeid og kapital. Den enkleste formen for produktfunksjon er formulert ut fra forutsetningen om at **Y** er proporsjonal med **E** og **W** med **q** som proporsjonalitetskonstant.

$$Y = qEW \qquad (7)$$

der **q** kan betraktes som et mål på bestandens tilgjengelighet for fiskeinnsats.

Det er også mulig å finne andre produktfunksjoner enn den overnevnte. Generelt for alle produktfunksjonene er imidlertid at **qE** inngår i dem på en eller annen form. Her kan vises til Hannesson's (1979) analyse av produkfunksjoner for de forskjellige redskapsgruppene i Lofotfiske, der han tilpasser en fuksjon på formen:

$$Y = AE^{a}W^{b} \qquad (8)$$

der **a** og **b** er parametre som utrykker i hvilken grad **q** er avhengig av henholdsvis fiskeinnsatsens og bestandens størrelse. q viser i henhold til ligning 8 fangst per innsatsenhet som andel av bestandsstørrelsen og kan utrykkes:

$$q = AE^{a-1}W^{b-1} \qquad (9)$$

Ved gjennomføring av en slik analyse finner han at fangstutbytte for snurrevad, som er et aktivt redskap, i mindre grad er avhengig av bestandsstørrelsen enn de øvrige redskapene.

I enkelte fiskerier, for eksempel snurpefiske, er tendensen som Hannesson (op.cit) påviste for snurrevadfiske i Lofoten enda mere utpreget. Ulltang (1976) opperer med en q(N)-funksjon for sildefiske og finner at q(N) er sterkt økende når N går mot 0. N angir bestandsstørrelse i antall. Dette innebærer at utbyttet nærmest er uavhengig av bestandsstørrelsen. Dersom en i stedet for en q(N)-funksjon opprererer med en konstant q vil en ha en ligning som skrives:

$$Y = qE^hW^k, \quad (10)$$

der h og k er parametre som uttrykker at sammenhengen mellom Y, W og E nødvendigvis ikke er lineær. Dersom h og k begge er lik 1 vil ligning 10 og ligning 7 være identiske. Skal en overføre Ulltang (op.cit) sine beregninger til en slik funksjon som beskrevet i ligning 10 vil dette føre til at k går mot 0. Hannesson (1983:972) kommenterer sammenhengen mellom W, Y og W slik:

> ....."The most extreme case is when the catch per unit of fishing effort is totally insensitive to the size of the fish population, as is often supposed to be the case for pelagic species that form shoals and are caught by purse seining, suitable shoals beeing possible to find at almost constant cost until nothing is left.".....

En slik sammenheng vil kunne beskrives av ligning 10 forutsatt at **k =0**. En må imidlertid sette den betingelsen at Y = 0 når W = 0. Produktfunksjonen ser følgelig slik ut:

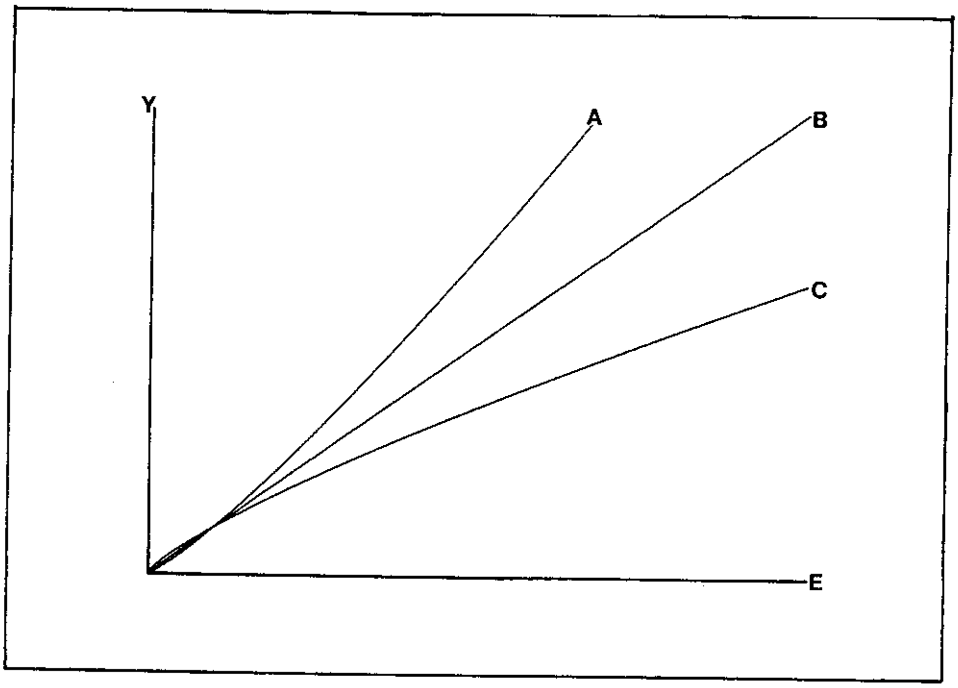
$$Y = qE^h \text{ når } W > 0 \text{ og}$$
$$Y = 0 \text{ når } W = 0 \quad (11)$$

I denne oppgaven vil jeg, for en produktfunksjon som pressentert i ligning 11, regne at $0 < h < 1$. Dette innebærer avtakende grenseproduktivitet for fiskeinnsats:

$$dY/dE = hqE^{h-1} \quad (12)$$

Siden 0 < h < 1 vil dY/dE avta når E øker, ddY/dE < 0. Av dette følger at E har synkende grenseproduktivitet. En slik produktfunksjon vil foreksempel gjelde i fiskerier der marginalen i fangsten må fraktes stadig lengre. Dette vil føre til at mere av den totale sesonglengden brukes til frakt og mindre til den aktive fangstfasen. I Figur 2.1 vises tre grafer for hhv h < 1, h = 1 og h > 1. Grafen merket med **C** svarer til kravet satt til ligning 11.

I teoridelen vil jeg benytte to produktfunksjoner, nemlig den beskrevet i ligning 7 og den beskrevet i ligning 10. Spesialtilfellet av ligning 10 nemlig ligning 11 vil også bli diskutert. I prinsippet vil den teoretiske diskusjonen være uavhengig av produktfunksjonens form,- de analytiske resultatene vil imidlertid avhenge av denne.



Figur 2.1: Tre grafer til produktfunksjon i ligning 11, for h > 1 (A), for h = 1 (B) og h < 1 (C).

2.2.2. BESTANDSMODELLEN UTSATT FOR FANGST, Y = qEW.

Ligning 2 viser den ubeskattede bestandens tilvekst som funksjon av bestandsstørrelse. Tilveksten kan enten øke bestandens biomasse eller tas ut som fangst. Er fangsten per tidsenhet mindre enn tilveksten per tidsenhet vil biomassen øke, er den derimot større enn tilveksten vil biomassen avta. Innføres således fangst i modellen beskrives endringen i bestandsstørrelsen ved å trekke ligning 7 fra ligning 2. Dette gir:

$$G(W) = rW(1-W/W_{max}) - qEW \qquad (13)$$

En situasjon med likevekt mellom tilvekst og fangstutbytte vil en ha følgende sammenheng:

$$rW(1-W/W_{max}) - qEW = 0$$
$$r(1-W/W_{max}) - qE = 0 \qquad (14)$$

Dersom en innfører begrepet likevektsutbytte Y_L når betingelsen i ligning 14 er oppfylt vil en til likevektsutbytte ha en likevektsbiomasse W_L. Ved innføring av W_L i ligning 14 kan denne utrykkes slik:

$$W_L = (W_{max}/r)(r-qE) \qquad (15)$$

Innføres Y_L og W_L i lining 7 og dersom denne kombineres med ligning 15 gir dette:

$$Y_L = qE(W_{max}/r)(r-qE)$$
$$Y_L = (W_{max}/r)(qEr-(qE)^2) \qquad (16)$$

Dette gir en parabolsk sammenheng mellom Y_L og E. Det er et poeng at Y_L-funksjonen er likeens med G(W)-funksjonen.

For å finne maksimalt vedvarende utbytte (MSY), d.v.s den største vedvarende verdien Y kan ha, deriveres ligning 16 mhp qE:

$$Y_L' = W_{max} - 2qE(W_{max}/r) \qquad (17)$$

En finner E ved MSY (E_{msy}) når ligning 17 settes lik 0:

$$E_{msy} = r/2q \qquad (18)$$

Settes ligning 18 inn i ligning 16 får en MSY:

$$MSY = (r/4)W_{max} \qquad (19)$$

En ser at av ligning 6 at MSY = $G_{max}(W)$. Dette kunne en ha avledet direkte fra ligning 14 som sier at hele tilveksten skal fanges ved likevekt.

Sammenhengen mellom Y_L og E er parabolsk med et toppunkt i løsningsområdet (den dobbeltderiverte, Y_L'', <0). Dette medfører at untatt for MSY, som har kun en korensponderende E = E_{msy}, kan samme Y_L oppnås ved bruk av to forskjellige verdier av E. Enhver E > E_{msy} gir et mindre biologisk langtidsutbytte enn MSY når E øker. Følgelig defineres E > E_{msy} som biologisk overbeskatning.

Modellen bringes over på økonomisk form ved å innføre inntekter per fangstenhet = p slik at totalinntektene TR kan utrykkes på følgende form:

$$TR = pY \qquad (20)$$

Kostnader per innsatsenhet = c innføres slik at de totale kostnadene TC utrykkes:

$$TC = cE \qquad (21)$$

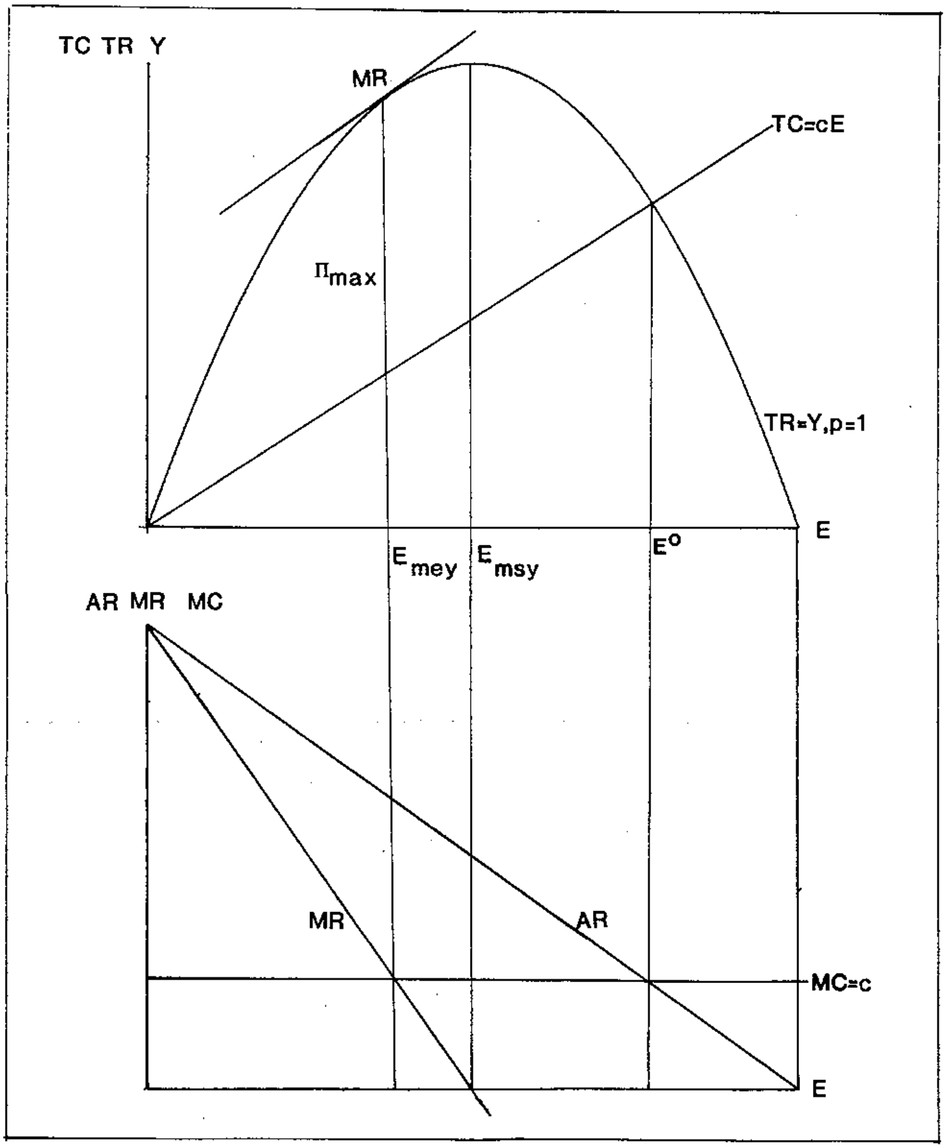
Overskudd Π gis av ligning 22:

$$\Pi = TR - TC \tag{22}$$

Fra ligning 7 finner en at $E = Y/qW$ som insatt i ligning 21 gir:

$$TC = cY/qW \tag{23}$$

Grafen til ligning 23 vil være lineær og går fra $TC = cY/q$ når $W = 1$ mot 0 når W går mot W_{max}. Kostnadene er altså omvendt proporsjonale med bestandsstørrelsen. D.v.s des mindre bestand desto større fangstkostnader.



Figur 2.2: Økonomisk tilpasning til fiske illustrert ved en Schaefer modell. Ved tilpasning i Π_{max} vil tangenten til Y-grafen når $E = E_{mey}$ ha vinkelkoeffisient = MR. Etter Hannesson (1978).

En kan finne Π som funksjon av E enten matematisk, ved å sette ligning 20 og ligning 21 inn i ligning 22, eller grafisk ved å framstille grafene til TR og TC som funksjon av E i samme aksesystem. Dersom en setter **p = 1** vil grafen til TR beskrives av ligning 16 slik at TR = Y. Grafen til TC beskrives av ligning 21,- sammenhengen mellom kostnader og fiskeinnsats er altså lineær. Dette innebærer at margnalkostnadene **MC** er lik **c**. Figur 2.2. viser grafene til TR når p = 1 og TC samt gjennomsnitsinntekter **AR**, marginale inntekter **MR** og MC.

Dersom en regner at innsatsfaktorenes samfunnsøkonomiske alternativkostnader er innregnet i c (ligning 21) ser en av Figur 2.2 at det er potensiale for å oppnå overskudd ut over innsatsfaktorenes alternativkostnad. I bioøkonomisk literatur kalles et slikt overskudd **ressursrente.** For å maksimere ressursrente benyttes det generelle samfunnsøkonomiske kriteriet for maksimering av profitt; ved Π_{max} er MC = MR. Den E som gir Π_{max} kalles E_{mey} (maximum economical yield) og en ser at $E_{mey} < E_{msy}$. Dersom en ikke betrakter fiskeri i et kapitalteoretisk perspektiv og c > 0, vil dette altid gjelde. Uansett vil økonomisk overfiske defineres som enhver $E > E_{mey}$.

Aktører vil tiltrekkes fiske, dersom inngangen i fiske er fri, så lenge fiske gir avkastning ut over alternativkost. I henhold til Figur 2.2 så lenge AR > MC. Fiskerne vil i henhold til Gordon (1954) oppfatte fiskets gjennomsnittsinntekt som sin marginalinntekt og frifisketilpassingen blir således der AR = MC, altså når $E = E^o$. Ved fritt fiske går derfor hele grunnrenta tapt. Det samfunsøkonomiske tapet i fritt fiske er $\Pi_{max} + (E^o - E_{max})$. $E^o - E_{mey}$ representerer faktorsløsinga. Frifisketilpassinga representerer likevekt mellom flåte og bestand og kalles i teorien bioøkonomisk likevekt.

2.2.3. BESTANDSMODELLEN UTSATT FOR FANGST, $Y = qE^hW^k$.

Som nevnt i avsnitt 2.2.1. vil produktfunksjonens form innfluere på de analyttiske resultatene. I dette avsnittet vil jeg først drøfte endel forhold omkring kostnadsfunksjonen når produktfunksjonen endres, deretter vil jeg drøfte effekten på Π. Pris og kostnader er slik som beskrevet i 2.2.2..

Fra ligning 10 finner en at $\mathbf{E = (Y/qW^k)^{1/h}}$, som innsatt i ligning

21 gir:

$$TC = cE = c(Y/qW^k) = cY(Y^{(1/h)-1}/qW^k)^{1/h} \quad (24)$$

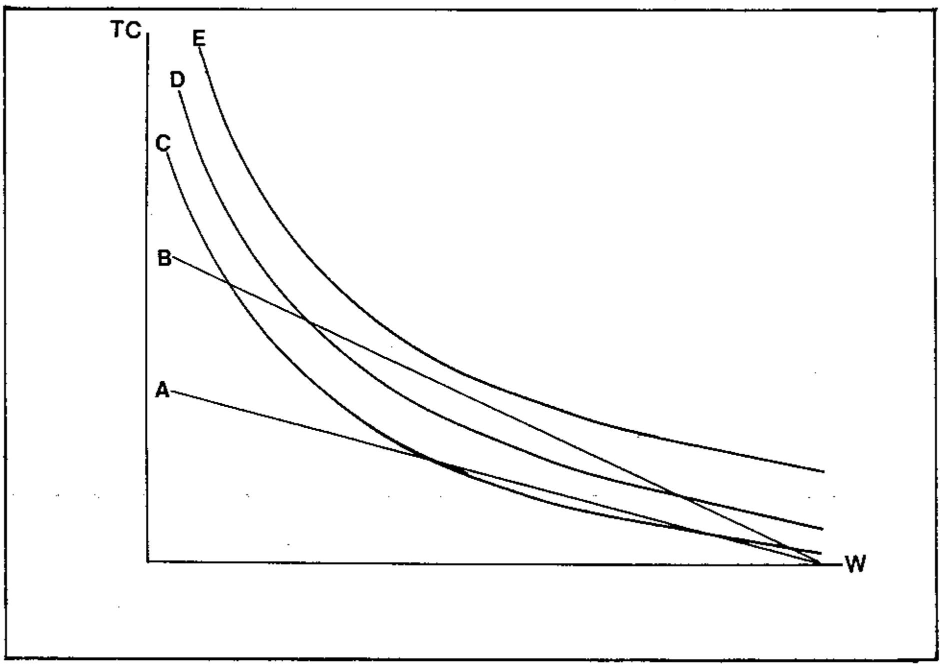
Av ligning 24 ser en at TC kan uttrykkes som en funksjon av Y og W slik:

$$TC(Y,W) = c(Y,W)Y \quad (25)$$

Effekten på TC av endringer i hhv Y og W finner en ved partiell derivering. Ut fra ligning 24 ser en at:

$$TC/\partial W < 0 \text{ og}$$
$$TC/\partial Y > 0, \quad (26)$$

som betyr at kostnadene avtar når bestanden øker og at kostnadene øker når fangstene øker. I Figur 2.3 er kostnadsgrafene avledet fra ligning 7 og ligning 10 vist.

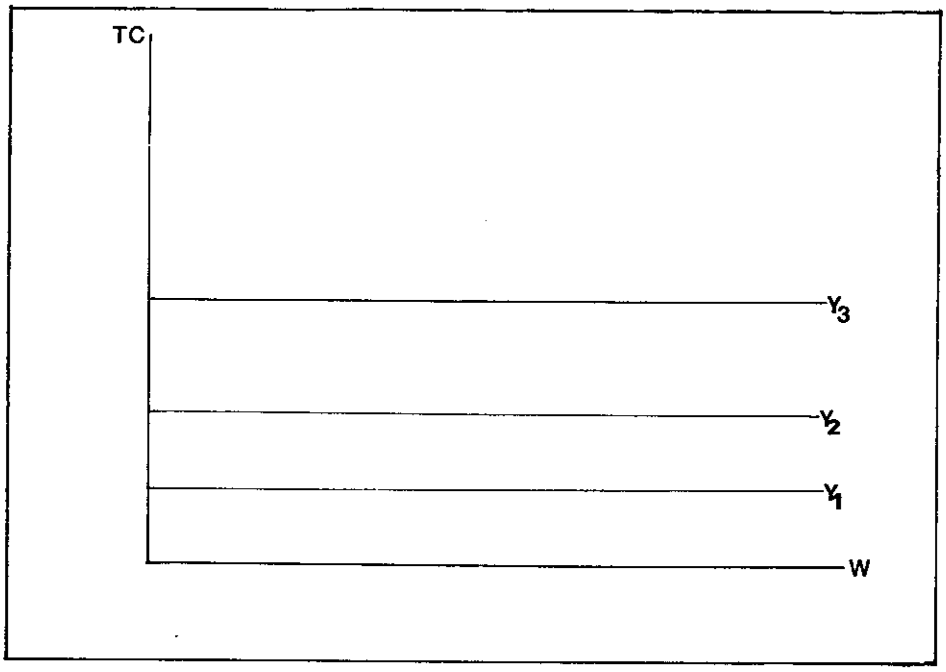


Figur 2.3: Kostnader som funksjon av bestandsstørrelse når kostnadene er gitt av ligning 23 (A og B) og ligning 25 (C , D og E). I henhold til ligning 23 er c_A (c for linje A) < c_B. C, D og E er grafene for forskjellige Y med konstant c (ligning 25). $Y_C < Y_D < Y_E$.

Et spesialtilfelle av ligning 10 har en, som i ligning 11, når k går mot 0. Når k går mot 0 går W mot 1. Dette betyr:

$$TC/\partial Y > 0 \text{ og}$$
$$TC/\partial W = 0, \quad (27)$$

som betyr at kostnadene øker når Y øker, men at kostnadene er ufølsomme for endringer i W. En slik kostnadssammenheng vises i i Figur 2.4.



Figur 2.4: Kostnadene når en produktfunksjon som i ligning 11 gjelder. En ser at kostnadsene er uavhengige av bestandsstørrelsen, men avhengige av fangststørrelsen. $Y_1 < Y_2 < Y_3$.

Ved innføring av produktfunksjonnen i ligning 10 i stedet for den i ligning 7 og bestandstilveksten beskrives av ligning 2 vil ligning 14 måtte modifiseres til:

$$rW(1-W/W_{max})-qE^hW^k = 0 \qquad (28)$$

Ved likevektsbeskatning er som tidligere nevnt Y = G(W). Innføres Y_L og W_L som for ligning 15 får en at:

$$Y_L = qE_L^hW_L^k = rW_L(1-W_L/W_{max}) \qquad (29)$$

Bestandsstørrelsen ved hvilken ligning 29 har sitt maksimum finnes ved å derivere Y med hensyn på W (dY/dW). En finner ikke uventet at MSY framdeles (som i ligning 5) gis når $W_L = W_{max}/2$. E_{msy} finnes ved innsetting av bestandsstørrelsen ved MSY i ligning 29:

$$E_{msy} = ((r/4q)W_{max}/(W_{max}/2)^k)^{1/h} \qquad (30)$$

For spesialtilfellet der k går mot 0 vil $(W_{max}/2)^k$ gå mot 1 og ligning 30 går da i mot:

$$E_{msy} = ((r/4q)W_{max})^{1/h} \qquad (31)$$

For å finne økonomisk tilpassning til et likevektsfiske med en produktfunksjon som i ligning 10 finnes inntektene ved å løse qE^hW^k fra ligning 28 og sette uttrykket inn i ligning 20. Kostnadene finnes ved å løse E fra ligning 28 og ved innsetting av uttrykket i ligning 21. Π kan da uttrykkes slik:

$$\Pi = prW(1-W/W_{max})-c(r/qW^{1-k}(1-W/W_{max}))^{(1/h)-1} \qquad (32)$$

Π_{max} finnes ved å derivere ligning 32 mhp W og å sette den deriverte lik 0:

$$d\Pi/dW = dTR_L/dW-dTC_L/dW = 0 \qquad (33)$$

der TR_L og TC_L hhv angir inntekter og kostnader ved likevektsfangst og den deriverte av uttrykkene mhp W gis i ligningene 34 og 35:

$$dTR_L/dW = pr(1-2W/W_{max}) \qquad (34)$$

$$dTC_L/dW = c((r/hq)W^{-k}((1-k)-(2-k)W/W_{max}) \\ ((r/q)W^{1-k}(1-W/W_{max}))^{(1/h)-1}) \qquad (35)$$

Ligning 33 vil være svært vanskelig å løse medmindre en lar k gå mot 0. Lar en k gå mot 0 finner en at ligning 33 har nullpunkter når:

$$W = W_{max}/2 \text{ og}$$
$$W = (W_{max}/2)(1\pm\ 1-4(q/r)(pqh/c)^{(1/(1/h)-1)}/W_{max}\ )(36)$$

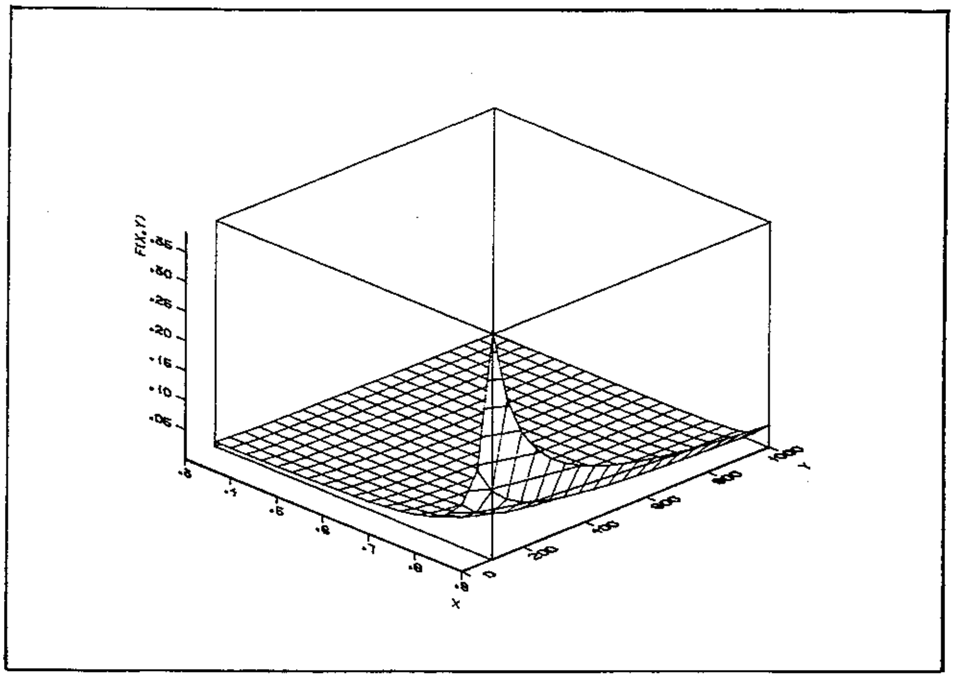
Av ligning 36 ser en at Π har minst ett mest tre ekstremalpunkter. For at en skal få tre ekstremalpunkter må diskriminanden (rotuttrykket) D være positivt. Er D = 0 får en to ekstremalpunkter. For å finne antall ekstremalpunkter er det nødvendig å drøfte D, dvs uttrykket:

$$D = 1-4(q/r)(pqh/c)^{(1/(1/h)-1)}/W_{max} \qquad (37)$$

Som tidligere nevnt må D $\geq$ 0 for å få flere enn en løsning. Dette innebærer at:

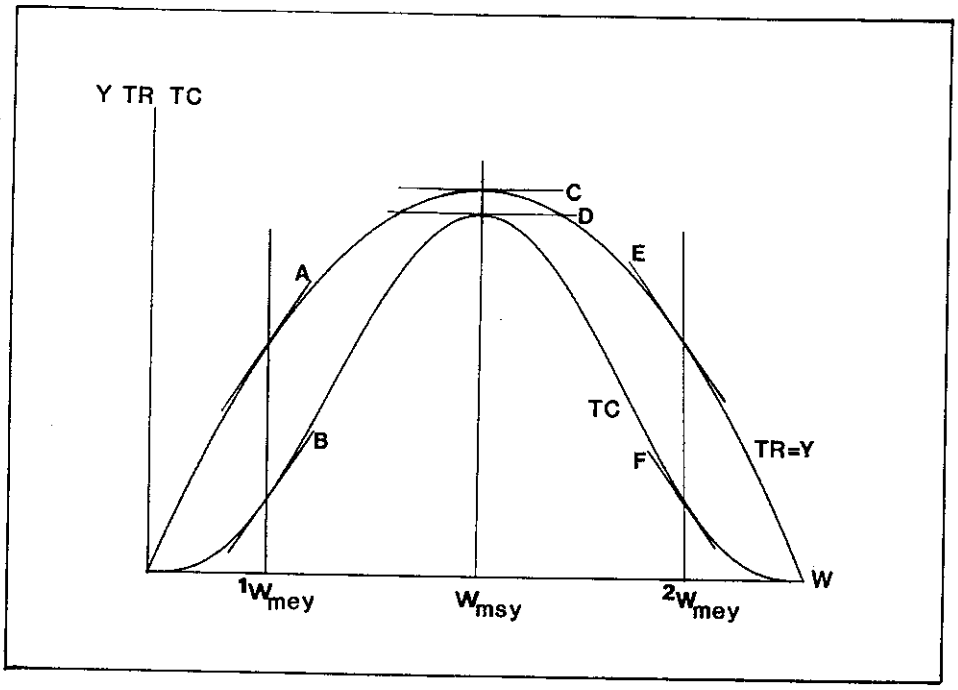
$$1 \leq 4(q/r)(pqh/c)^{(1/(1/h)-1)}/W_{max} \qquad (38)$$

Utrykket til høyre for $\leq$ har jeg tegnet ut for verdier av h mellom 0 og 1 og for et intervall av W_{max} verdier. Resultatet er pressentert i Figur 2.5. En ser av Figur 2.5 at det er svært sansynlig at 0 < D < 1 som innebærer tre ekstremalpunkter for ligning 32. Resultatet blir at ligning 32 mest sansynlig får tre ekstremalpunkter, et ved $W = W_{msy}$, et til høyre for og et til venstre for $W = W_{msy}$.



Figur 2.5: Diskriminandverdier (F(X,Y)) for $0.3 \leq h \leq 0.9$ (X) og for W_{max} (Y) fra 0 til 1000. Ligningen som ligger til grunn for figuren ser slik ut: $F(X,Y) = 2X^{1/((1/X)-1))}/Y$. Dette innebærer at jeg har satt $4(q/r)(pq/c) = 2$.

For å finne ut om ekstremalpunktene er minimums eller maksimumspunkter har jeg valgt å presentere inntektene og kostnadene som de framkommer i ligning 33 i Figur 2.6. Figur 2.6 viser at det framkommer et minimumspunkt for $W = W_{max}/2$ med maksimumspunkter på høyre og venstre side. På grunn av at både grafen for inntekt og grafen for kostnad begge er symetriske om $W_{max}/2$ vil maksimumspunktene gi like store Π-verdier. En vil altså få to W_{mey}-verdier slik at ${}^1W_{mey} < W_{msy} < {}^2W_{mey}$. Hvilken av de økonomisk optimale bestandsstørrelsene som velges vil være avhengig av utgangspunktet. Er $W > W_{msy}$ vil ${}^2W_{mey}$ velges og er $W < W_{msy}$ vil en velge ${}^1W_{mey}$. Ser en bort fra dette vil en ellers være indifferent i en enartsbetraktning hvilken bestandsstørrelse som skal velges. En flerartsbetraktning vil bli meget komplisert, men ut i fra Andersen (1979:kapittel 3.6) vil jeg komme med følgende utsagn: Den W_{mey} en velger vil være anhengig av bestandens interartsrelasjoner. Er arten diskutert til nå et byttedyr, der dens predator har komersiell interesse, vil det være fordelaktig å velge ${}^2W_{mey}$. Er det derimot et rovdyr en snakker om, og byttedyret har komersiell interesse, vil en velge $^1W_{mey}$. Begge disse antagelsene impliserer økt biomasse, og derigjennom økt fangstutbytte for den andre arten.



Figur 2.6: Inntekt (TR) og kostnad (TC) under forutsetning av likevektsfangst og at produktfunksjonen lar seg beskrive av ligning 11. Maksimal og minimal avstand mellom grafene har en når tangentene deres (A,B,C,D,E,F) er parallelle (da sees det bort fra $W = 0$ og $W = W_{max}$). Av dette følger at en har to W_{mey}, $^1W_{mey}$ og $^2W_{mey}$.

I bioøkonomisk likevekt skal to forutsettninger være oppfylt: $\Pi = 0$ og $Y = G(W)$. Når $k = 0$ kan Π uttrykkes slik:

$$\Pi = pqE^h - cE \tag{39}$$

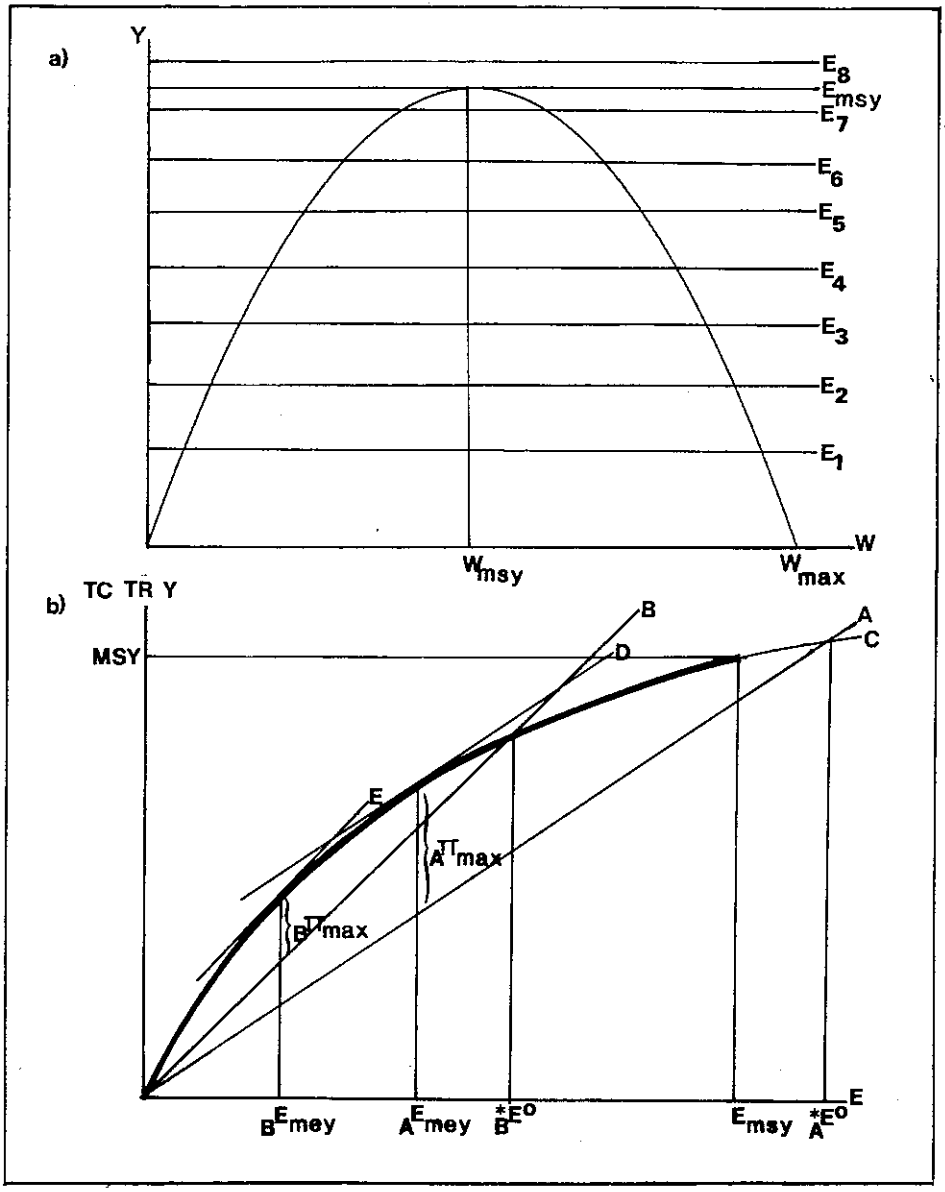
Setter en inn for den første forutsetningen i ligning 39 får en:

$$^*E^o = (pq/c)^{1/(1-h)}, \tag{40}$$

der $^*E^o$ angir fiskeinnsats ved når $\Pi = 0$ når produktfunksjonen kan beskrives av ligning 11.

Ligning 40 slår fast at det nødvendigvis ikke er en sammenheng mellom E og $\bar{W}$ når forutsetningen $\Pi = 0$ er oppfylt. Den viser kun at $\Pi > 0$ når $E < (pq/c)^{1/(h-1)}$ og at $\Pi < 0$ når $E > (pq/c)^{1/(h-1)}$ under forutsetning av at $W > 0$ for at ligning 11 skal være oppfylt. Når $W = 0$ er $\Pi = 0$ slik at i dette tilfellet er det en sammenheng mellom E og W.

En produktfunksjon på en slik form som ligning 11 angir medfører at Y(E) er bestandsuavhengig. En vil da få en sammenheng som vist i Figur 2.7a mellom E og Y. stadig kortere avstnd mellom E-



Figur 2.7a: Sammenhengen mellom den biologiske produktfunksjonen **Y = G(W)** og fiskets produktfunksjon **Y(E) = qE^h** for vedvarende E. E_1 til E_8 viser hvordan Y, gitt ved ligning 11, øker når E øker. Til hver Y(E) svarer to G(W) når E < E_{msy}. For E_{msy} svarer kun G(W_{msy}). For E > E_{msy} vil bestanden bli nedfisket.
Figur 2.7b: Økonomisk tilpassing til fiske når produktfunksjonen er som vist i ligning 11. C-grafen viser sammenhengen mellom Y og E og er avledet fra Figur 2.7a. Den tykke delen av C-grafen oppfyller forutsetningen Y = G(W), den viser altså for hvilke E forutsetningen Y(E) = G(W) holder. Dersom det forutsettes at p = 1 så angir C-grafen også TR. Linjene A og B viser to kostnadsalternativer gitt ved ligning 21, der $c_A < c_B$. For kostnadsalternativ A vil frifisketilpassninga være $E = {}^*_AE^o > E_{msy}$ som vil føre til til sammenbrudd i bestanden etter en tid. For kostnadsalternativ B vil firfisketilpassninga være $E = {}^*_BE < E_{msy}$ som vil føre til et vedvarende fiske med $Y = Y({}^*_BE^o)$. Linlene D og E har vinkelkoeffisient hhv lik c_A og c_B, og angir i henhold til Figur 2.2 den optimale tilpassning (MC = MR) for de respektive kostnadsalternativene.

linjene når E øker med en enhet kommer av E's synkeende grenseproduktivitet (se ligning 12). I Figur 2.7b er sammenhengen mellom Y og E, forutsatt Y = G(W) vist. Figur 2.7b kan benyttes til å undersøke den andre forutsetninga for bioøkonomisk likevekt, nemlig den at Y = G(W). Ligningene 6 og 19 angir største vedvarende Y, nemlig MSY. Dersom ${}^{*}E^{o} > E_{msy}$ vil Y > MSY pga produktfunksjonen (ligning 11), og siden kostnadene er uavhengig av bestandsstørrelsen (Figur 2.4) så vil W avta uansett hvilken W en startet fangst ved. To kostnadsalternativer er gitt med linjene **A** og **B**, der kostnadene er gitt av ligning 21 og hvor $c_A < c_B$. Figur 2.7b illustreres dette med skjæringspunktet mellom grafene A og C for $E = {}^{*}_{A}E^{o}$. Fangstutbyttet vil være konstant = Y inntil W = 0, da vil Y bli 0. Er ${}^{*}E^{o} < E_{msy}$ (som i Figur 2.7's ${}^{*}_{B}E^{o}$) vil en ende opp med samme resultat som over dersom bestanden er så liten at $Y({}^{*}E^{o}) > G(W)$ for $W < W_{msy}$. Startes fiske ved W_{max} vil en oppnå bioøkonomisk likevekt dersom kostnadene beskrives av B. Optimal tilpassning i med kostnader beskrevet av A eller B og når p = 1 vil hhv intreffe ved $E = {}_{A}E_{mey}$ eller $E = {}_{B}E_{mey}$.

2.3. HVORDAN REALISERE GRUNNRENTE.

Teorien diskuterer endel virkemidler som kan benyttes for å realisere Π_{max} fra fiske. Felles for alle virkemidlene er at de søker å begrense fiskeinsatsen slik at E går mot E_{mey}. I det følgende vil fiskerireguleringer diskuteres ut i fra 2.2.2 og Figur 2.2. I prinsippet vil all fiskeriregulering virke på samme måte uavhengig av produktfunksjonens eller bestandsmodellens utseende. Ideelt sett er målet for bruk av virkemidler å maksimere det samfunsøkonomiske overskuddet.

Hannesson (1978) diskuterer avgiftsbelegging av fritt fiske samt å overføre eiendomsretten til bestanden til et fiskeriselskap eller en person. Hensikten er å realisere ressursrente. Avgifter kan enten legges på innsats eller på fangst. Hensikten med avgifer på innsats er å heve det aktørene oppfatter som MC slik at når MC = AR er $E = E_{mey}$. Avgifter på fangst virker slik at AR senkes slik at når AR = MC er $E = E_{mey}$. Fiskerne oppnår da overskudd = alternativ avkastning på kapital, mens staten trekker inn ressursrenta. I tillegg unngås faktorsløsing. Dersom et selskap eller en person forvalter ressursen vil det/den alokere innsatsenhetene slik at Π_{max} realiseres. Jeg går da ut i fra at firmaet/personen ikke vil ha mulighet for også å oppnå monopoloverskudd. Andersen (1979) diskuterer i tillegg til de tidligere nevnte virkemidlene bruk av inngangsavgift. Inngangsavgiftens størrelse må være slik at den er lik Π_{max} ved $E = E_{mey}$. Samme resonement lar seg gjennomføre ut fra Figur 2.7b og konklusjonene vil bli de samme. Uansett produktfunksjon gjelder hoverpoenget at **fiskeinnsatsen må begrenses** for at Π_{max} skal kunne oppnås.

Munro (1982) og Flåten (1983b) diskuterer begge anvendbarheten av virkemidler for å relisere ressursrente. Begge understreker at en ikke kan velge virkemidler som det ikke er politisk aksept for å benytte. Flåten (op.cit) ender opp med å foreslå betinget omsettelige kvoter eller konsesjoner. Dette er i realiteten det samme virkemiddelet som Andersen (op.cit) foreslår, men her skal markedet i steden for myndighetene bestemme inngangsprisen. Betingelsene for omsetting kan sikre en viss politisk styring, mens omsetteilgheita sikrer at det oppnås en viss ressursrente, som ikke nødvendigvis er lik Π_{max}, men som dog er bedre enn ingen ressursrente. Ressursrenta tilfaller de aktørene som først fikk tildelt rettigheter til bestanden.

2.4. KAPITALTEORI OG BIOØKONOMI, Y = qEW.

Dersom en greier å regulere et fiskeri slik at en fra fisket realiserer en årlig profitt $\Pi(t)$ som tilfredstiller følgende betingelse:

$$0 < \Pi(t) \leq \Pi_{max} \tag{40}$$

så vil

$$\sum_{t=0}^{\infty} \Pi(t) = \infty \tag{41}$$

dersom en ikke setter krav til alternativ avkastning. Setter en krav til årlig alternativ avkastning på kapitalen = $\lambda > 0$, vil summen av inntektsstrømmen gå mot en grense,- bestandens nåverdi **PV**.

For en bedrift vil kravet til alternativ avkastning være lik avkastninga på det beste prosjektet som en ikke rakk å finansiere. Samfunnets krav til alternativ avkastning skal ideelt sett være et veid gjennomsnitt av alle foretaks krav til alternativ avkastning. Det er imidlertid vanskelig å beregne λ for samfunnet på et hvert tidspunkt så en setter vanligvis rentekravet, eller diskonteringskravet konstant over en rekke år. Per tiden er samfunnets diskonteringsrate regnet til 0.07 (7%) (Kartevoll m.fl., 1980).

Hvis en betrakter en fiskebestand som kapital blir problemstillinga å beregne nåverdien av inntektsstrømmen når en fastlegger et krav til avkastning. Reguleringsstrategien blir da å finne det riktige årlige uttaket samt å finne den optimale bestandsstørrelsen over tid. En skal altså betrakte bestanden i et kapitalteoretisk eller et dynamisk perspektiv.

Dersom en setter ligning 20 og ligning 23 inn i ligning 22 får en:

$$\Pi = pY - cY/qW = Y(p - c/qW) \qquad (42)$$

Π kan uttrykkes som en funksjon av Y og W slik at ligning 42 kan skrives slik:

$$\Pi(Y,W) = Y(p - c(W)) \qquad (43)$$

Nåverdien av bestanden vil i henhold til ligning 43 beregnes slik:

$$PV = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\lambda t}(p - c(W(t)))Y(t)dt \qquad (44)$$

Nå vil problemet være å finne det optimale uttaket $Y = Y^*(t)$ for bestanden og den korensponderende biomassen $W^*(t)$ når ligning 13 betraktes som bestandens tilstandsligning. En har da betingelsene:

$$W(t) \geq 0 \qquad (45)$$

$$0 \leq Y^*(t) \leq Y_{max} \qquad (46)$$

Dette problemet løses i to steg. Først bestemmes $W^*(t)$ og deretter hvordan en skal komme dit.

$W^*(t)$ bestemmes etter et relativt enkelt resonement. Det en gjør er å betrakte bestanden som en kapital. Resonementet blir da: en skal investere i bestanden, dvs la være å fiske, så lenge den har en raskere tilvekst enn kravet til alternativ avkastning