HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

YLE5 / YET-209 Luonnonvarataloustieteen jatkokurssi

2. Uusiutuvat luonnonvarat: Kalastuksen taloustiede

Marko Lindroos & Maija Holma

Uusiutuvat luonnonvarat
Kalastuksen taloustiede: Luentoteemat

- 2.1 Johdanto
- **2.2 Schäfer-Gordon malli**
- 2.3 Säätely
- 2.4 Kansainväliset kalastussopimukset
- 2.5 Monilajimallit

Schäfer-Gordon malli

- Gordon (Journal of Political Economy 1954), Schäfer (1957), Scott (JPE 1955)

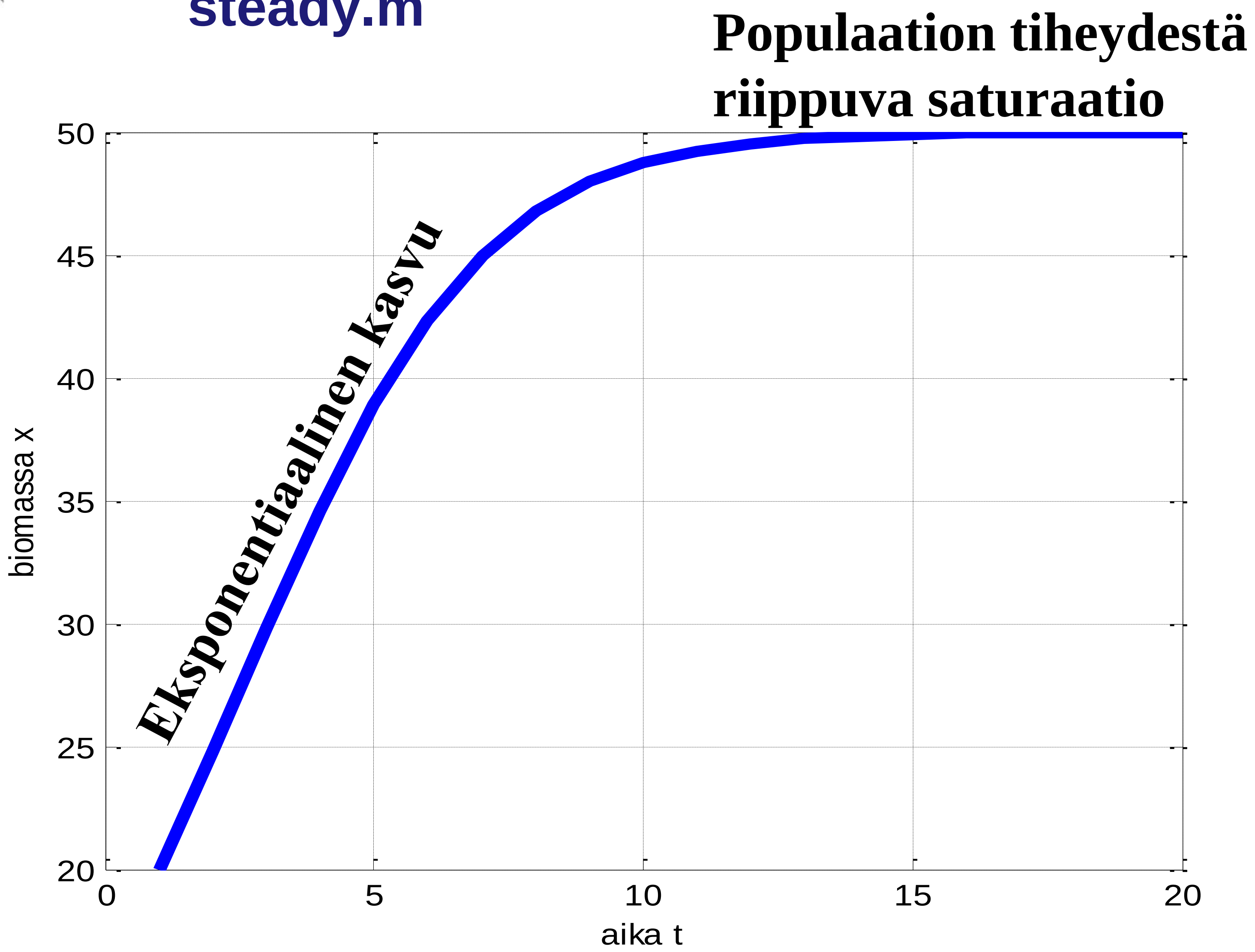
- Vaihtoehdot joita vertailemme:

1. Biologinen optimointi (Maximum Sustainable Yield = MSY)
2. Taloudellinen optimointi (Maximum Economic Yield = MEY)
3. Vapaa kalastusoikeus (open access)

Biologia

- Logistinen kalakannan kasvufunktio F(x)
- Kasvun oletetaan riippuvan vain kalakannan biomassasta x
- Biomassa tarkoittaa kalakannan painoa. Esim: Norjan kevätkutuinen silli suurimmillaan 10 miljoonaa tonnia.
- Muita kasvuun vaikuttavia tekijöitä esim.
  - Ikäjakauma
  - Ravinto
  - Kilpailu
  - Elinympäristö

steady.m


Populaation tiheydestä riippuva saturaatio
Eksponentiaalinen kasvu
50
45
40
35
30
25
20
biomassa x
0
5
10
15
20
aika t

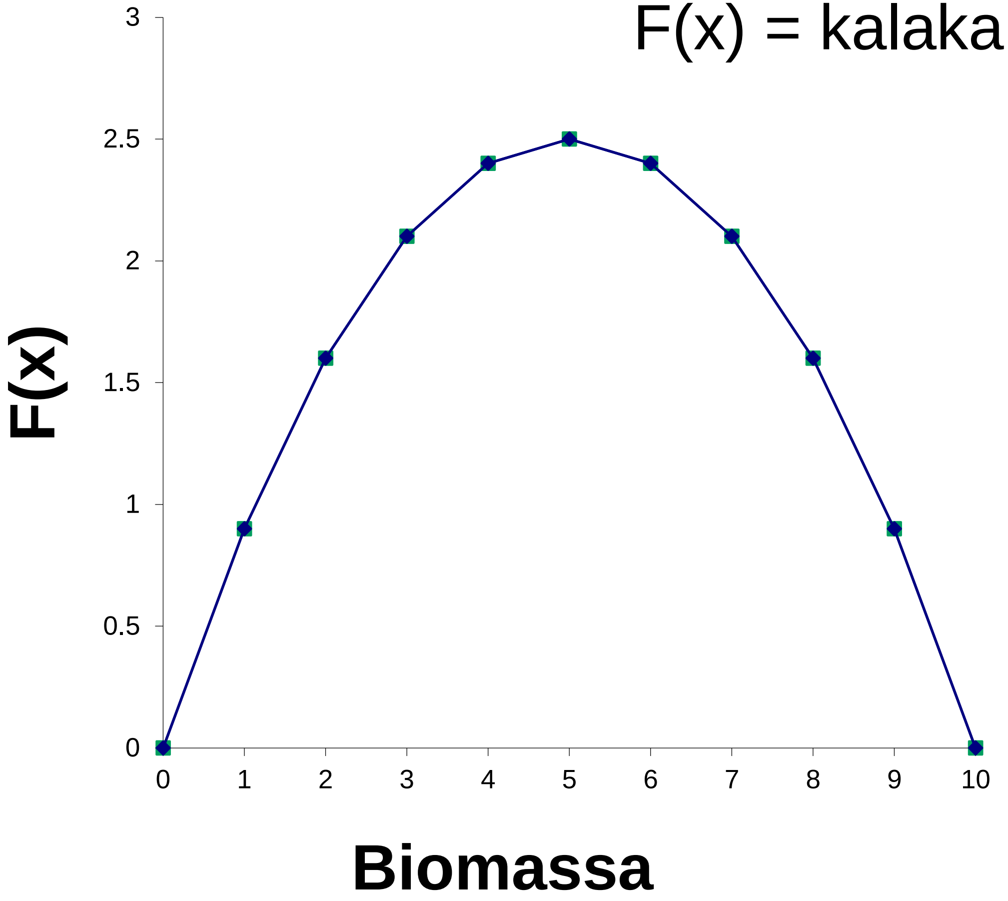
Logistinen kasvufunktio

(1) $$F(x) = Rx(1 - \frac{x}{K})$$

- R kasvuparametri, kyky lisääntyä
- x kalakanta
- K ekosysteemin kantokyky, luonnon tasapaino
- F(x) kalakannan kasvuvauhti

Logistinen kasvufunktio

F(x) = kalakannan kasvuvauhti



Maksimikasvun tuottava kalakanta, kun saalistusta ei ole

- Maksimikasvu löytyy kohdasta, jossa kasvufunktion derivaatta kannan suhteen on nolla:

$$F(x) = Rx(1 - \frac{x}{K}) = RX - \frac{Rx^2}{K}$$

$$\frac{d}{dx}F(x) = R(1 - \frac{2x}{K}) = 0$$

$$\frac{2Rx}{K} = R \mid \cdot \frac{K}{2R}$$

$$x = \frac{K}{2}$$

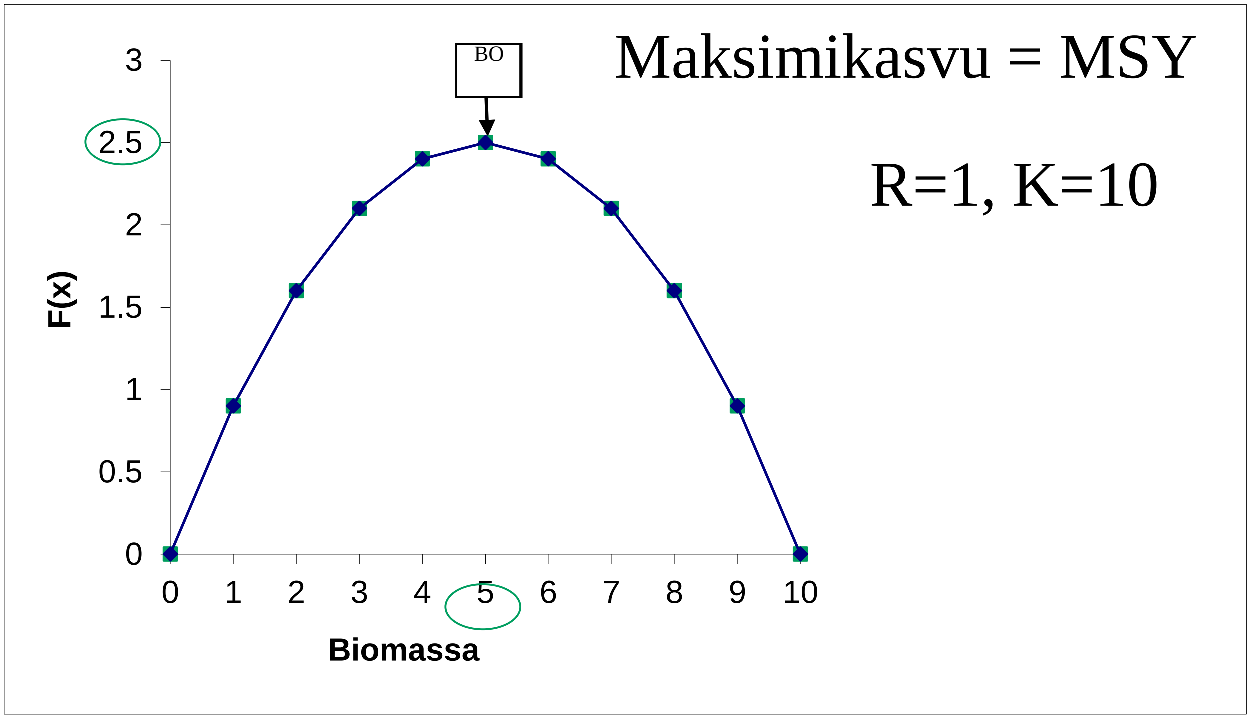
Maksimikasvu, kun saalistusta ei ole

- Maksimikasvu saadaan sitten sijoittamalla x=K/2 kasvufunktioon:

$$F(\tfrac{K}{2}) = R\frac{K}{2}(1 - \frac{\frac{K}{2}}{K}) = R\frac{K}{2}(1 - \frac{1}{2})$$

$$\Rightarrow \frac{RK}{2}(\frac{1}{2}) = \frac{RK}{4}$$

Logistinen kasvufunkto



$$x = \frac{K}{2} = \frac{10}{2} = 5$$

$$F\left(\frac{K}{2}\right) = \frac{RK}{4} = \frac{1*10}{4} = 2.5$$

Tuotanto: Saalisfunktio

- Oletetaan että tuotantofunktio eli saalisfunktio on lineaarinen kalastuspanoksen *E* ja kalakannan *x* suhteen:

(4) $$h = qEx$$

- E: kalastuspanos, esim. alusten lukumäärä, kalastustunnit tai päivät
- q: pyydystettävyyskerroin, kalastusvälineen teknologia
- h: saalismäärä biomassana

Kestävyys (sustainability)

- Luonnonvaran käyttö on kestävää silloin kun kannasta käytetään vain kasvu eli $\dot{x}(t) = F(x(t)) - h(t) = 0$
- -> Kestävyyden määritelmä: $F(x(t)) = h(t)$
- Millä kalastuksen vakiotasolla kalastusta voidaan jatkaa loputtomiin? Oletetaan siis nyt, että $h(t) = h$, eli vakio yli ajan.

Kalakannan kestävä hyödyntäminen (sustainability)

- Kestävyys tarkoittaa tässä siis sitä että pitkällä aikavälillä kalakannan taso pysyy muuttumattomana, kun tuotanto eli saalis = kasvu. Monesti puhutaan ns. steady state:sta.
- Lasketaan seuraavaksi kestävä kalakanta hyödyntämällä tätä kestävyyden määritelmää:

$$Rx(1-\frac{x}{K}) = qEx$$

Logistinen kasvufunktio = saalis

Kalakannan kestävä hyödyntäminen: ratkaistaan kalakannan kestävä taso x^{msy}

$$Rx(1-\frac{x}{K}) = qEx$$

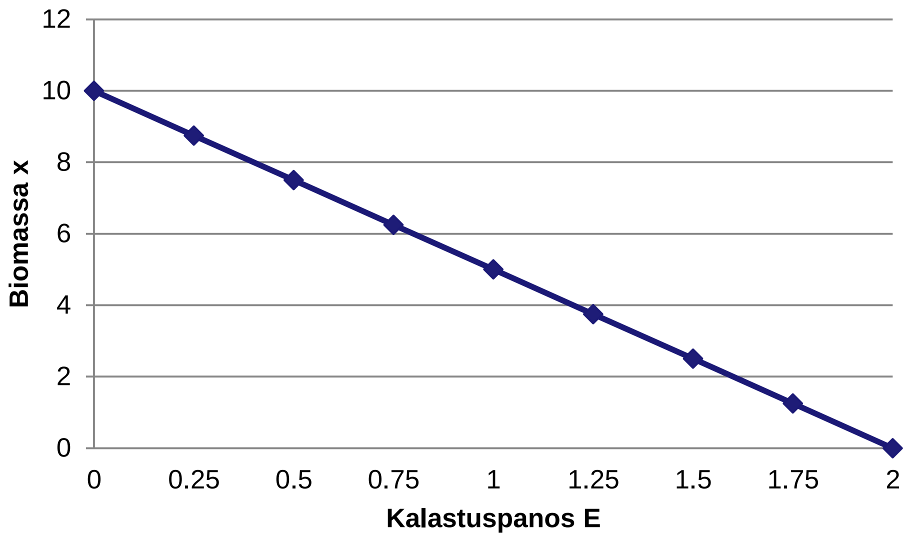
$$R-\frac{Rx}{K} = qE$$

$$x = K-\frac{qEK}{R}$$

$$x^{msy} = K(1-\frac{qE}{R})$$

Kestävä kalakannan koko kalastuspanoksen funktiona: Mitä suurempi kalastuspanos (*E*) sitä pienempi kestävä kalakanta

Kestävä kalakanta kalastuspanoksen funktiona



R=1
K=10
q=0.5

$$x = K\left(1 - \frac{qE}{R}\right)$$

Kestävä saalis

- Kestävä saalis saadaan puolestaan sijoittamalla kestävän kannan yhtälö: $x^{msy} = K(1 - \frac{qE}{R})$
- tuotantoyhtälöön: $h^{msy} = qEx^{msy}$

$$h^{msy} = qEK(1 - \frac{qE}{R})$$

Kestävä saalis kalastuspanoksen funktiona

Millä kalastuspanoksen määrällä saadaan suurin kestävä saalis?

$$\max_E h = qEK(1-\frac{qE}{R}) = qEK - \frac{q^2E^2K}{R}$$

$$\frac{dh}{dE} = qK - \frac{2q^2EK}{R} = 0$$

$$E^{msy} = \frac{R}{2q}$$

Maximun sustainable yield (MSY)

- Sijoitetaan äsken laskettu kalastuspanoksen määrä kestävän saaliin yhtälöön

$$h = qEK\left(1 - \frac{qE}{R}\right)$$

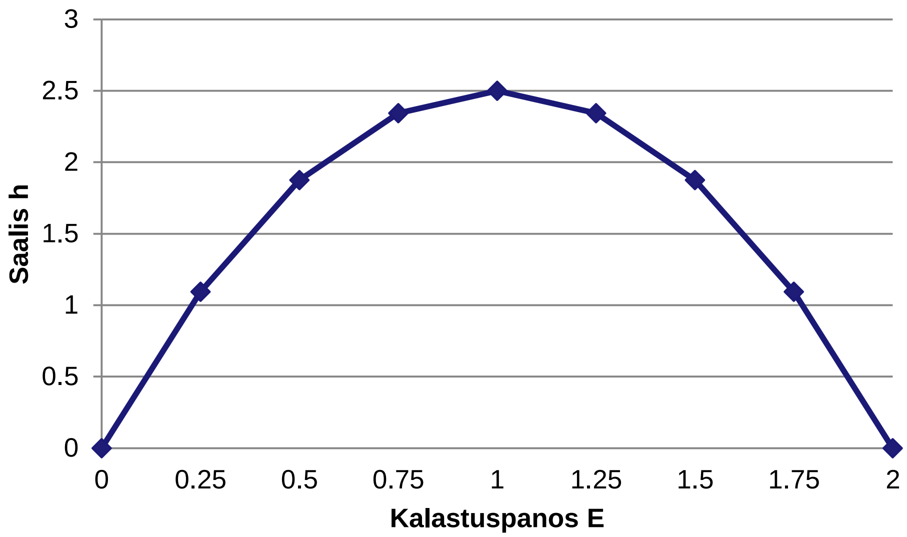
$$h = q\frac{R}{2q}K\left(1 - \frac{q\frac{R}{2q}}{R}\right)$$

$$h = \frac{RK}{2}\left(1 - \frac{R/2}{R}\right)$$

$$h^{msy} = \frac{RK}{4}$$

Kestävä saalis kalastuspanoksen funktiona

$$h = qEK\left(1 - \frac{qE}{R}\right)$$



R=1
K=10
q=0.5

$$E_{MSY} = \frac{R}{2q} = \frac{1}{2*0.5} = 1 \qquad h_{MSY} = \frac{RK}{4} = \frac{1*10}{4} = 2.5$$

Kalakannan koko kun kalastetaan MSY verran

$$h^{msy} = qE^{msy}x$$

$$\frac{RK}{4} = q\frac{R}{2q}x$$

$$X^{msy} = \frac{K}{2}$$

Yhteenveto

$$h_{MSY} = \frac{RK}{4}$$

$$x_{MSY} = \frac{K}{2}$$

$$E_{MSY} = \frac{R}{2q}$$

Kun ei huomioida hinta ja kustannusparametreja.
MSY on siis biologinen optimi.

Mitä jos kalastuksen säätelyssä otetaan huomioon talous?

Oletukset:

- kalan hinta (per kg tai tonni) *p* on vakio (esim. maailmanmarkkinahinta johon kalastajat eivät voi vaikuttaa)
- kalastuspanoksen yksikkökustannus *c* vakio (rajakustannus)

- Seuraavaksi laskemme taloudellisesti optimaalisen kalastuspanoksen. Oletamme, että kalastusta hoitaa yksi kalastaja (ns. sole owner), esim. valtio joka omistaa kalakannan.

Taloudellisesti optimaalinen kalastuspanos

- Maksimoidaan kestäviä voittoja valitsemalla kalastuspanos E.

$$\max_{E} \pi = ph - cE = pqEK(1 - \frac{qE}{R}) - cE$$

FOC:

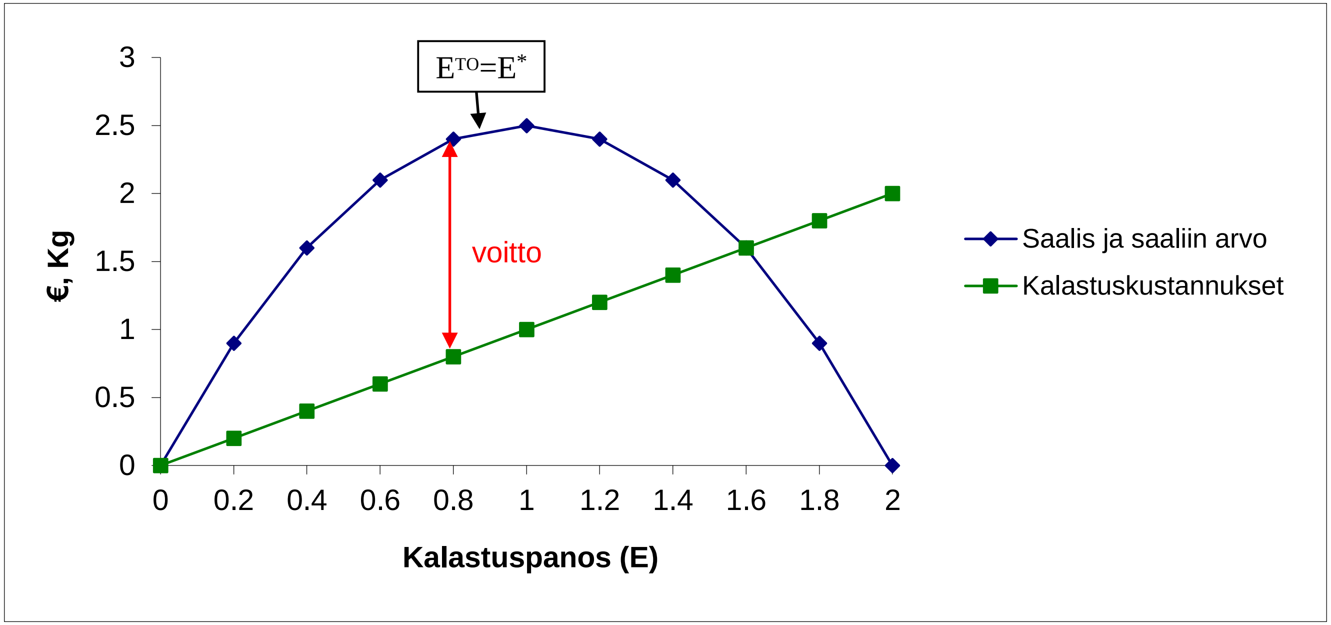
$$\frac{\partial \pi}{\partial E} = pqK(1 - \frac{2qE}{R}) - c = 0$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial E} = pqK - \frac{2pq^2EK}{R} - c = 0$$

$$pqk - c = 2\frac{pq^2EK}{R}$$

$$E^{mey} = \frac{R(pqk - c)}{2pq^2k} \Rightarrow E^* = \frac{R}{2q} - \frac{cR}{2pq^2K} = \frac{R}{2q}(1 - \frac{c}{pqK})$$

Taloudellisesti optimaalinen kalastuspanos



R=1
K=10
q=0.5
p=1
c=1

$$E^* = \frac{R}{2q}(1 - \frac{c}{pqK}) = \frac{1}{2*0.5}\left(1 - \frac{1}{1*0.5*10}\right) = 0.8$$

Taloudellisesti optimaalinen kalakanta (MEY)

- Sijoitetaan optimi E kestävän kalakannan yhtälöön (ratkaistu kalvossa 14)

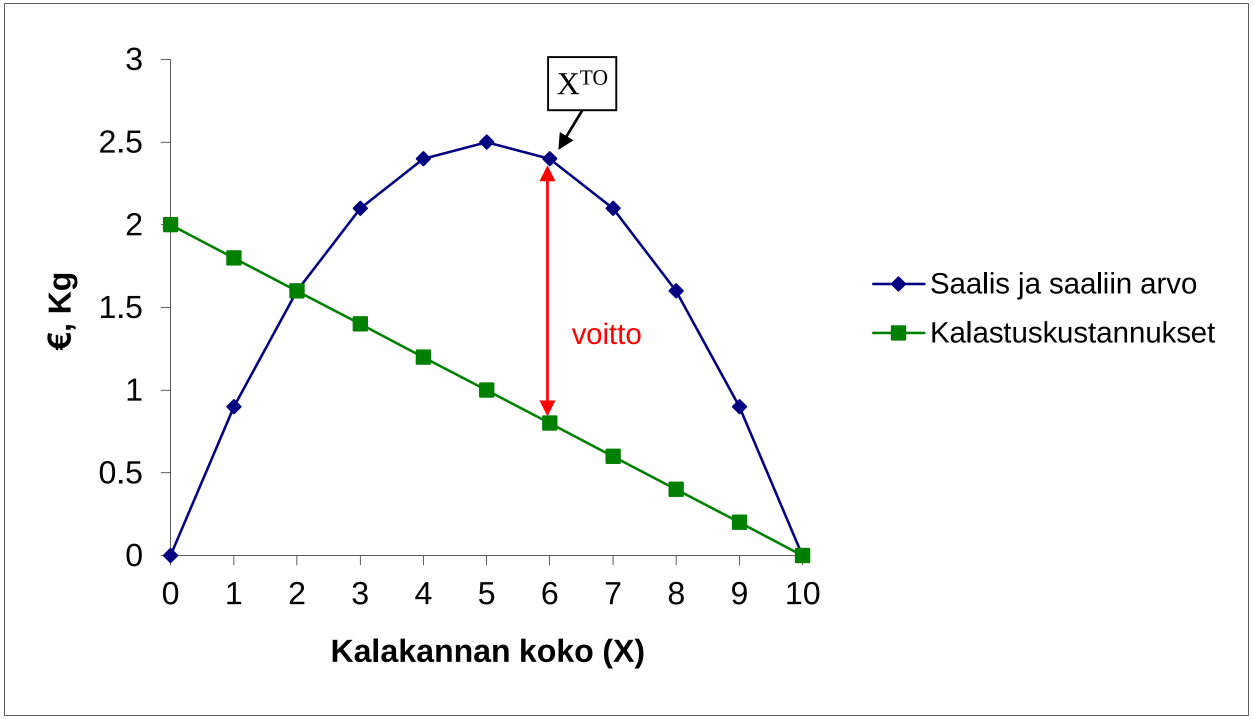
$$x = K(1 - \frac{qE}{R}) = K\left(1 - \frac{q\left(\frac{R}{2q} - \frac{cR}{2pq^2K}\right)}{R}\right)$$

$$x = K - \frac{1}{R}\left(\frac{RK}{2} - \frac{cR}{2pq}\right)$$

$$x = K - \frac{1}{2}K + \frac{c}{2pq}$$

$$x^* = x^{mey} = \frac{K}{2} + \frac{c}{2pq}$$

Taloudellisesti optimaalinen kalakanta (MEY)



R=1
K=10
q=0.5
p=1
c=1

$$x^* = \frac{K}{2} + \frac{c}{2pq} = \frac{10}{2} + \frac{1}{2*1*0.5} = 6$$

Taloudellisesti optimaalinen saalis

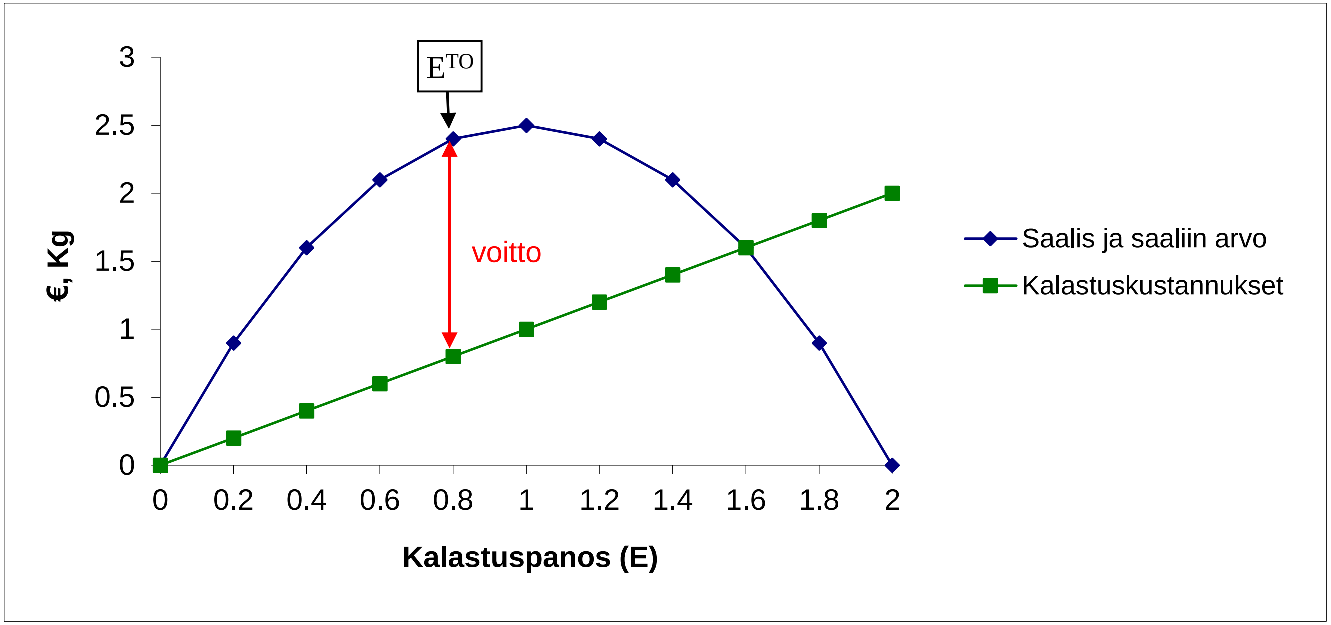
- h*=qE*x*

$$h^* = q\left[\left(\frac{R}{2q} - \frac{cR}{2pq^2K}\right)\left(\frac{K}{2} + \frac{c}{2pq}\right)\right]$$

$$= q\left(\frac{RK}{4q} + \frac{Rc}{4pq^2} - \frac{cR}{4pq^2} - \frac{c^2R}{4pq^3K}\right)$$

$$h^* = \frac{RK}{4} - \frac{c^2R}{4pq^2K}$$

Taloudellisesti optimaalinen saalis



$$h^* = \frac{RK}{4} - \frac{c^2 R}{4pq^2 K} = 2.4$$

Biologinen vs taloudellinen optimi

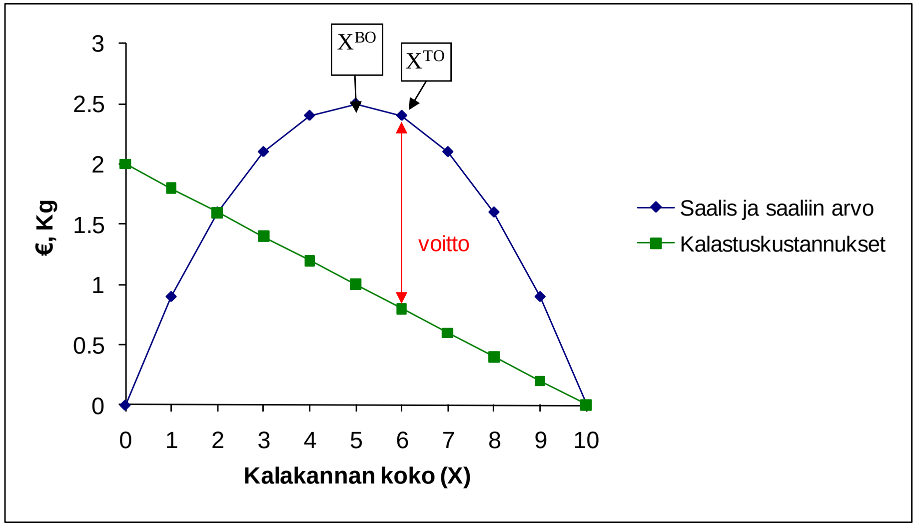
$$h_{MSY} = \frac{RK}{4} \qquad h^* = \frac{RK}{4} - \frac{c^2 R}{4pq^2 K}$$

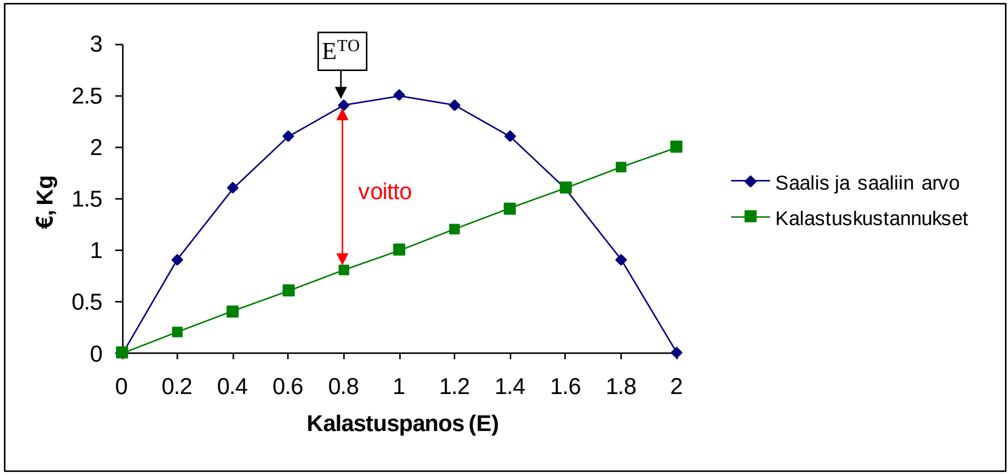
$$x_{MSY} = \frac{K}{2} \qquad x^* = \frac{K}{2} + \frac{c}{2pq}$$

$$E_{MSY} = \frac{R}{2q} \qquad E^* = \frac{R}{2q} - \frac{cR}{2pq^2 K}$$

Biologinen vs taloudellinen optimi

Optimi	(E)	(X)	Saalis	Voitto
Biologi-nen	1	5	2.5	1.5
Taloudel-linen	0.8	6	2.4	1.6





Taloudellinen vs. biologinen optimi

Vertailu MSY-kalastuspanokseen:

- Ainoastaan silloin kun kustannukset = 0 (tai niitä ei huomioida) taloudellinen optimi on yhtä kuin MSY.
- Muissa tapauksissa optimikalastuspanos on pienempi kuin MSY-kalastuspanos

→ Taloudellisesti optimaalinen kalakanta > biologisesti optimaalinen kalakanta

Vapaa kalastusoikeus

- Oletetaan että kalakantaa ei säädellä ja kaikilla on vapaa pääsy kalastamaan. Tällöin positiiviset voitot houkuttelevat alalle uusia kalastusaluksia.
- Alalle tulee yrityksiä niin kauan kunnes voitot menevät nollaan. Tässä taloudellisessa tasapainossa kenenkään ei kannata tulla alalle eikä kenenkään poistua.

Vapaan kalastusoikeuden kalastuspanos

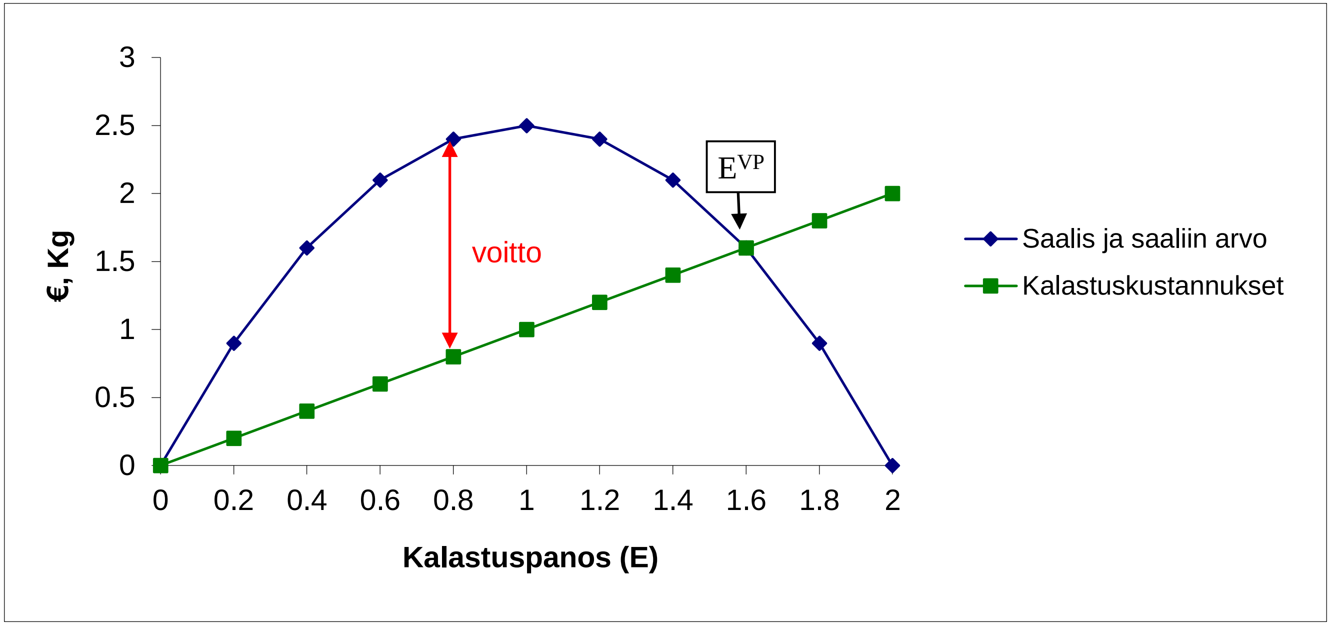
$$ph - cE = 0$$

$$pqEK(1 - \frac{qE}{R}) - cE = 0$$

$$pqK(1 - \frac{qE}{R}) - c = 0$$

$$\Rightarrow E^{OA} = \frac{R}{q} - \frac{Rc}{pq^2K} = \frac{R}{q}(1 - \frac{c}{pqK}) = E^{VP}$$

Vapaa kalastusoikeus



$$E^{OA} = \frac{R}{q}(1 - \frac{c}{pqK}) = 1.6$$

Taloudellinen optimi vs. open access

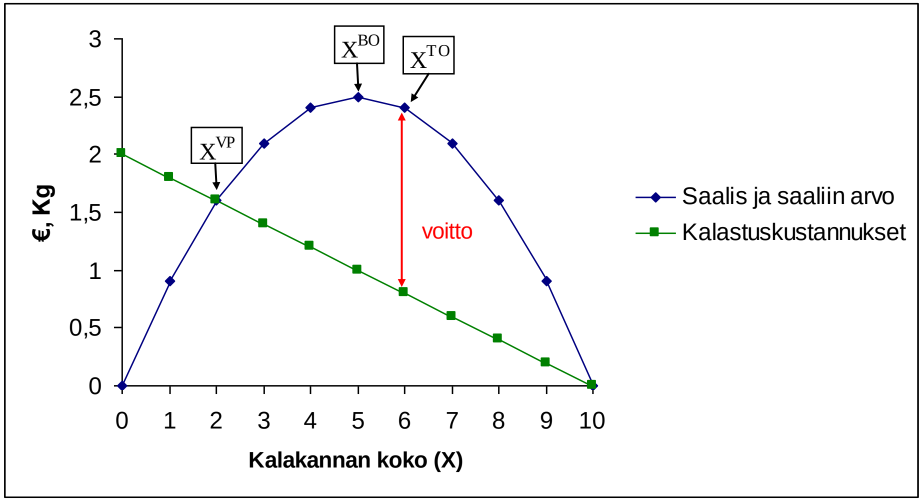
$$E^* = \frac{R}{2q} - \frac{cR}{2pq^2K}$$

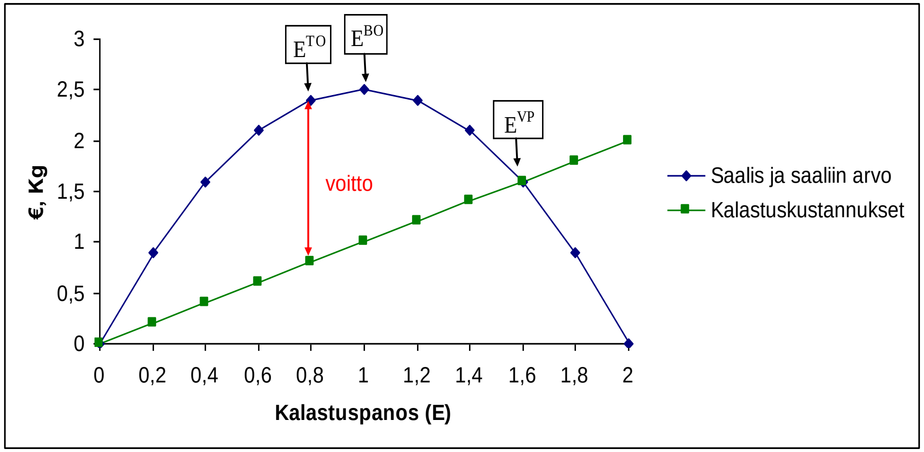
$$E^{OA} = \frac{R}{q} - \frac{cR}{pq^2K}$$

- Vapaan kalastusoikeuden kalastuspanos on kaksinkertainen taloudelliseen verrattuna
- Jos kalastuspanos määritellään kalastusaluksina, voimme päätellä että vapaa kalastusoikeus luo liikakapasiteettia.
- Koska voitot ovat nollassa (pienempi kuin optimi), vapaa kalastusoikeus on aina taloudellisesti tehoton.

→ **Taloudellinen liikakalastus**

Yhteenveto





Säätely	(E)	(X)	Saalis	Voitto
Ei	1.6	2	1.6	0
Biologi-nen	1	5	2.5	1.5
Taloudel-linen	0.8	6	2.4	1.6

Laskuharjoitus L4

Luennolla ratkaisimme kestävät voitot, saaliin, kalastuspanoksen ja kalakannan Schäfer-Gordon –mallille käyttäen logistista kasvufunktiota ja seuraavia parametriarvoja: Hinta, $\boldsymbol{p}$ **= 1**; Kantokyky, $\boldsymbol{K}$ **= 10**; Kasvu, $\boldsymbol{R}$ **= 1**; Saalistettavuuskerroin, $\boldsymbol{q}$ **= 0.5**, tapauksessa, jossa kalastuksen kustannus-hyötysuhde on tehokas ($\boldsymbol{c}$ **= 1**).

Vertaile luennolla saatuja tuloksia tehottomaan kalastukseen, eli käytä nyt kalastuspanoksen yksikkökustannukselle arvoa $\boldsymbol{c}$ **= 4**. Laske jälleen yllä mainitut tulokset biologisesti (MSY) ja taloudellisesti optimaalisen säätelyn (MEY) ja vapaan kalastusoikeuden (open access) tapauksessa. Kuinka tärkeänä pidät kalastuksensäätelyä tehokkaan ja tehottoman kalastuksen tapauksessa?