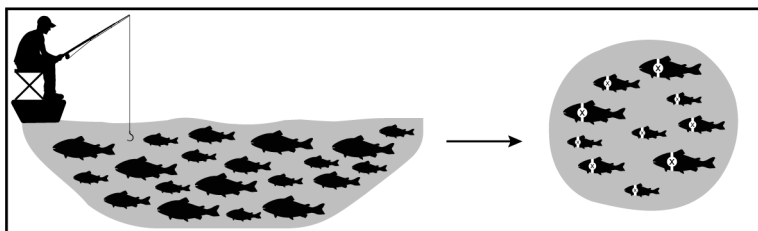


## Vangen-hervangen

Het is niet eenvoudig het totaal aantal vissen in een meer te tellen. Met behulp van de statistische techniek 'vangen-hervangen' is het mogelijk een schatting te doen van het aantal vissen. Deze techniek werkt als volgt:

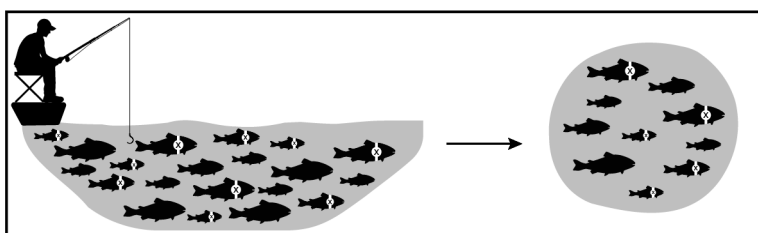
Vang een aantal vissen uit het meer. Dit is de eerste steekproef. Geef deze vissen een merkteken. Zie figuur 1.

**figuur 1**



Zet de gemerkte vissen vervolgens weer terug in het meer. Wacht een tijdje tot de gemerkte vissen zich over het hele meer verspreid hebben en vang nogmaals een aantal vissen uit het meer. Dit is de tweede steekproef. Zie figuur 2.

**figuur 2**



We kunnen nu veronderstellen dat de proportie gemerkte vissen in de tweede steekproef, gelijk is aan de proportie gemerkte vissen in het hele meer. In formulevorm:

$$\frac{R}{C} = \frac{M}{N} \quad (\text{formule 1})$$

Hierbij is:

- $R$  het aantal gemerkte vissen in de tweede steekproef;
- $C$  het aantal gevangen vissen dat in de tweede steekproef;
- $M$  het aantal gevangen, en dus gemerkte, vissen in de eerste steekproef;
- $N$  het (geschatte) aantal vissen in het meer.

Biologen vangen in een meer bij een eerste steekproef 80 vissen, merken deze en zetten ze weer terug in het meer. Een paar dagen later wordt een tweede steekproef vissen gevangen. Hierin bevinden zich 6 gemerkte en 92 ongemerkte vissen.

- 3p 6 Bereken met behulp van formule 1 hoeveel vissen er in het meer zijn. Geef je antwoord in een geheel honderdtal.

We kunnen formule 1 herleiden tot een formule waarmee je eenvoudiger het aantal vissen  $N$  in het meer kunt berekenen:

$$N = \frac{M \cdot C}{R} \quad (\text{formule 2})$$

Biologen Adri en Fiona vangen samen een eerste steekproef, waarna zij alle 30 vissen merken die ze samen hebben gevangen. De gemerkte vissen zetten ze terug in het meer. Om de betrouwbaarheid van de schatting van het aantal vissen in het meer te vergroten, vangt elk van hen 180 vissen als tweede steekproef. Eerst vangt Adri 180 vissen en hij telt het aantal gemerkte vissen. Daarna zet hij de 180 vissen terug in het meer. Vervolgens vangt Fiona 180 vissen. In de steekproef van Fiona is er één vis meer gemerkt dan in de steekproef van Adri. Beiden berekenen met formule 2 het aantal vissen in het meer. Fiona's uitkomst blijkt 60 lager te zijn dan Adri's uitkomst.

- 4p 7 Bereken het aantal gemerkte vissen in de steekproef van Adri.

Er is een situatie mogelijk, waarbij je vissen in de eerste steekproef vangt en merkt, in een tweede steekproef weer vissen vangt, maar dat het niet lukt om met formule 1 of 2 het aantal vissen in het meer te schatten.

- 2p 8 Beschrijf deze situatie en leg uit waarom het in die situatie niet lukt om met formule 2 het aantal vissen in het meer te schatten.

Formule 1 en 2 werken in de praktijk minder goed als  $R$  klein is. Daarom is er met computersimulaties gezocht naar een formule die betere schattingen geeft. Uit die computersimulaties bleek dat bij kleine waarden van  $R$ , onderstaande formule betere schattingen geeft voor het aantal vissen in het meer dan formule 2.

$$N = \frac{(M + 1) \cdot (C + 1)}{R + 1} - 1 \quad (\text{formule 3})$$

Het verschil in de schattingen van het aantal vissen volgens de formules 2 en 3 wordt groter naarmate er minder gemerkte vissen in een tweede steekproef worden gevangen.

We bekijken de situatie waarbij in de eerste steekproef 120 vissen zijn gevangen en gemerkt en in een tweede steekproef 150 vissen zijn gevangen.

- 4p 9 Bereken bij welke aantallen gemerkte vissen in een tweede steekproef de schatting volgens formule 2 meer dan 100 hoger is dan de schatting volgens formule 3.

---

#### Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.