

De relatie tussen de lengte en het gewicht van de vis

Door Dr. A.H.M. Terpstra

Het is reeds lang bekend dat er een relatie bestaat tussen de lengte en het gewicht van de vis en een dergelijke relatie heeft men ook kunnen aantonen bij de mens. Deze relaties zijn meestal niet lineair en kunnen worden beschreven door een allometrische schaalformule.

De relatie tussen gewicht en lengte bij de vis.

Meer dan honderd jaar geleden beschreef Herbert Spencer in zijn "Principles of Biology" van 1864-1867 dat "*In similarly-shaped bodies the masses, and therefore the weights, vary as the cubes of the dimensions*". Deze relatie, n.l.

$$\text{gewicht} = k * \text{lengte}^3$$

werd de "cube law" genoemd waarbij k een constante is en het gewicht wordt uitgedrukt in grammen en de lengte in cm. Als men ervan uitgaat dat vissen gelijk in alle richtingen groeien en dat grote en kleine vissen dezelfde vorm hebben, betekent dit dus dat het gewicht van een vis met een factor 2^3 zal toenemen als de lengte toeneemt met een factor 2. Men kan dit vergelijken met een bol waarvan de inhoud ook toeneemt met de straal tot de macht 3

$$(\text{inhoud van een bol} = (4/\pi) * r^3$$

waarbij $4/\pi$ ook een constante is). Latere studies toonden echter aan de exponent 3 voor de lengte in de formule

$$\text{gewicht} = k * \text{lengte}^3$$

niet altijd juist is en dat de waarde van deze exponent enigszins kan verschillen tussen vissoorten. Ancel Benjamin Keys (1928), die later de relatie tussen gewicht en lengte bij de mens bestudeerde (1972), was een van de eersten om dit te rapporteren. De "cube

law" oftewel:

$$\text{Gewicht (g)} = k * \text{lengte (cm)}^3$$

is een specifieke toepassing van de z.g. allometrische schaalformule en de algemene vorm van deze formule is:

$$Y = k M^b$$

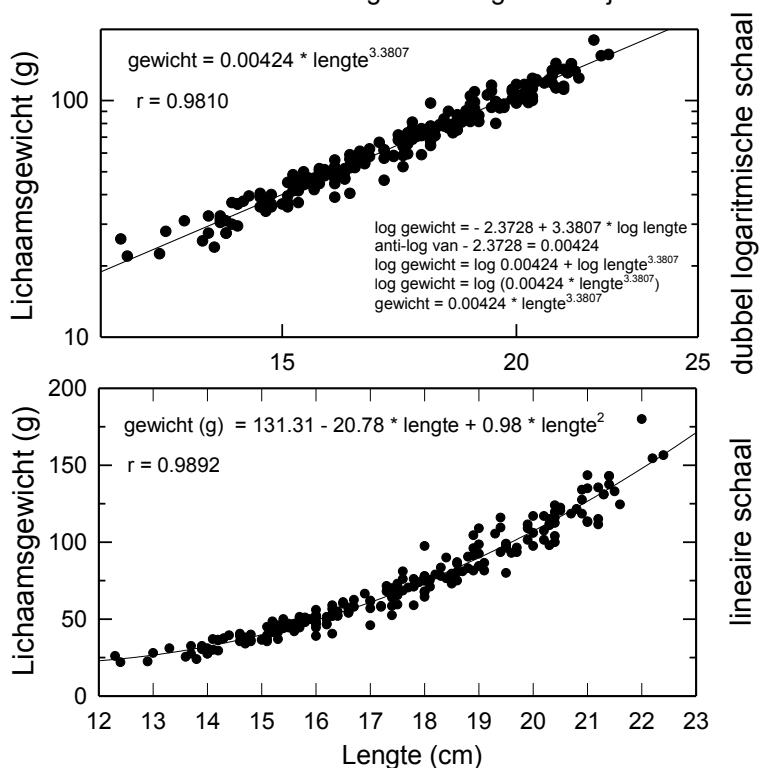
waarbij b de schaalexponent of schaafactor is en k de normalisatie constante (bij vissen later de conditiefactor genoemd en bij mensen de Body Mass Index (BMI)). Als we de gewichten van vissen grafisch uitzetten tegen de lengtes, dan zal het gewicht sneller stijgen dan de lengte. We kunnen de gegevens ook op dubbel logaritmisch grafiekenpapier uitzetten of de logaritmische vorm van de formule nemen. De formule wordt dan:

$$\log(\text{gewicht, g}) =$$

$$\log(k) + 3 * \log(\text{lengte, cm}).$$

en een rechte grafiek zal ontstaan, waarbij het getal 3 de helling van de rechte lijn is. In Figuur 1 zijn de lengtes en gewichten van een groot aantal forellen weergegeven (eigen metingen). Als de data worden weergegeven in een grafiek met een dubbel logaritmische schaal, ontstaat een rechte lijn en de exponent b en de constante k van de formule kunnen worden berekend met behulp van lineaire regressie. We zien dat bij de forellen in Figuur 1 de exponent b enigszins groter is dan 3, n.l. 3.38. Keys beschreef reeds in

de relatie tussen de lengte en het gewicht bij de forel



Figuur 1. De relatie tussen het gewicht en de lengte van 217 forellen.

1928 dat deze exponent bij sardientjes 3.1 was, bij haringen 3.5 en bij vissen van het geslacht *Fundulus* 3.7. Dit betekent dus dat de exponent b afhankelijk is van de vissoort. Een meta-analyse van Froese (2006) laat eveneens zien dat de waarde van de exponent sterk kan verschillen tussen vissoorten, maar dat de gemiddelde waarde wel rond de 3 ligt. De relatie gewicht – lengte bij de vis kan dus globaal worden beschreven met een allometrische schaalfunctie met een scaling factor van 3. Figuur 1 geeft echter aan dat het ook mogelijk is om deze relatie te beschrijven met andere functies zoals b.v. een polynomiale functie.

De ratio gewicht – lengte³ als conditiefactor van de vis

Aanvankelijk nam men aan dat de “cube law” nl. $k = (\text{gewicht} / \text{lengte}^3)$ een wet was voor alle vissoorten en onder alle omstandigheden en dat de scaling factor ook altijd gelijk was aan 3. Fulton (1904) gebruikte deze wet dan ook om de voedingstoestand van vissen te bepalen door de k factor als $(\text{gewicht} / \text{lengte}^3)$ te meten. Een hogere k factor zou dikkere vissen betekenen en een betere voedingstoestand. Dergelijke metingen werden later ook gedaan door Heincke in 1908 en hij introduceerde als eerste de k als de “Ernährungs­koeffizient” oftewel de conditiefactor van de vis. Als zodanig wordt deze ratio nog gebruikt en de conditiefactor wordt berekend als

$$100 * [(\text{gewicht} , \text{cm}) / \text{lengte} (\text{cm})^3].$$

b.v. als een vis een lengte heeft van 20 cm en

een gewicht van 100 gram, dan is de conditiefactor $k = 100 * (100 / 20^3) = 1,25$.

De ratio gewicht – lengte² als body mass index van de mens

De relatie tussen gewicht en de lengte wordt momenteel ook veel gebruikt bij de mens als een mate van het relatieve gewicht bij de mens. Hier staat de relatie bekend als de Body Mass Index (BMI) en is ontwikkeld is door Ancel Keys (1972) die in het begin van zijn carrière heeft gewerkt als visbioloog en reeds in 1928 de relatie tussen gewicht en lengte bij verschillende vissoorten had beschreven (zie boven). Wanneer men de gewichten van een homogene bevolkingsgroep uitzet tegen de lengtes, zal men met de schaalformule een schaalexponent van rond de 2 vinden. De relatie tussen gewicht en lengte kan dus worden weergegeven met de formule:

$$\text{gewicht} = k * \text{lengte}^2,$$

waarbij de constante k de BMI is, oftewel de BMI is de ratio gewicht / lengte². De Belgische statisticus Quetelet suggereerde reeds in 1842 dat er een dergelijk verband zou kunnen bestaan tussen het gewicht en de lengte bij de mens. Vandaar dat de BMI ook wel vaak de Quetelet index wordt genoemd. Ook hier geldt dat de schaalexponent b niet altijd gelijk is aan 2 en verschillend kan zijn bij verschillende bevolkingsgroepen. Desondanks wordt de BMI gebruikt als een globale indicator voor de graad van over- of ondergewicht bij de mens. Een hogere BMI wordt gezien als sterkere mate van overgewicht, zoals een hogere conditiefactor bij de vis wordt gezien als een indicator voor een betere voedingstoestand van de vis. Waarschijnlijk zijn er ook bij andere diersoorten dergelijke relaties tussen gewicht en lengte aantoonbaar, maar hier zijn voor zover ik weet geen gegevens over bekend.

De ratio gewicht – lengte^b om het gewicht van de vis te bepalen m.b.v. de lengte.

Deze relatie zou ook kunnen worden gebruikt om het gewicht van een vis te bepalen aan de hand van zijn lengte. In

veldomstandigheden is het vaak moeilijk om een vis te wegen, terwijl het gemakkelijker is om de lengte te meten. Als men van een bepaalde vissoort onder bepaalde omstandigheden de constante k en de exponent van de lengte van deze relatie weet, kan men gemakkelijk het gewicht berekenen aan de hand van de lengte. Dit zou bijvoorbeeld interessant kunnen zijn voor sportvissers, maar kan ook in het onderzoek worden gebruikt om een snelle indicatie van het gewicht van vissen te krijgen.

Een historisch overzicht van de relatie gewicht en lengte en de toepassing van deze relatie als een conditiefactor van de vis wordt uitgebreid beschreven in de artikelen van Nash et al. (2006) en Froese (2006). Verder wordt dit onderwerp ook beschreven in een artikel dat men kan downloaden van de website van de Tilapiastichting onder het hoofdje brochures (Terpstra 2015).

Literatuur:

- Froese, R. (2006) Cube law, condition factor and weight – length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 241 – 253.
- Heincke, F. (1908) Zie Froese (2006) voor volledige referentie.
- Keys, A.B. (1928) The weight – length relation in fishes. *Proceeding of the National Academy of Sciences* 14: 922 – 925.
- Keys, A., Fidanza, F., Karvonen, M.J., Kimura, N., Taylor, H.N. (1972) Indices of relative weight and obesitas. *Journal of Chronic Diseases* 25: 329 – 343. Reprinted in the *International Journal of Epidemiology* 43 (3): 655 – 665.
- Nash, R.D.M., Valencia, A.H., Geffen, A.J. (2006) The origin of Fulton's condition factor – setting the record straight. *Fisheries* 31: 236 – 238.
- Quetelet, A. (1842) A treatise on man and the development of his faculties.
- Terpstra, A.H.M. (2015) Some aspects of energy metabolism in homeothermic and poikilothermic animals. Kan worden down te loaden van het internet: <http://www.tilapiastichting.nl/brochure.html>