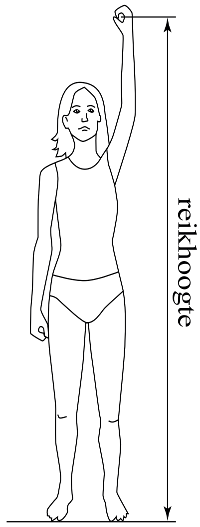
Antropometrie

Een ontwerp moet niet alleen mooi, maar ook functioneel zijn. Bij veel ontwerpen wordt daarom rekening gehouden met de maten van het menselijk lichaam. Ontwerpers maken daarom vaak gebruik van **antropometrietabellen**. Dit zijn tabellen waarin het gemiddelde en de standaardafwijking van allerlei afmetingen van het menselijk lichaam staan. Al deze lichaamsmaten zijn (bij benadering) normaal verdeeld.

Om te zorgen dat een kamer als comfortabel ervaren wordt, moet de hoogte ervan minimaal gelijk zijn aan de reikhoogte (zie figuur 1). Bij de bouw van een nieuwe studentenflat wil men dat de kamers door minstens 98% van de studenten als comfortabel ervaren worden. De reikhoogte van Nederlandse studenten is gemiddeld 2114 mm met een standaardafwijking van 117 mm.

3p **1** Bereken hoe hoog men de kamers minimaal moet maken.

figuur 1



Ook bij het inrichten van een optimale werkplek houdt men rekening met lichaamsmaten. Een bureaustoel heeft precies de goede zithoogte als de zithoogte gelijk is aan de knieholtehoogte van een persoon plus 30 mm voor de schoenzool.
Van een bureaustoel is de zithoogte verstelbaar van 436 tot 516 mm. De knieholtehoogte is gemiddeld 464 mm met een standaardafwijking van 40 mm.

4p **2** Bereken voor hoeveel procent van de mensen deze stoel op precies de goede zithoogte ingesteld kan worden.

Bij bovenstaande vragen is geen onderscheid gemaakt tussen mannen en vrouwen. In werkelijkheid staan in antropometrietabellen de lichaamsmaten voor mannen en vrouwen apart vermeld. Zie bijvoorbeeld de gegevens voor lichaamslengte in mm in tabel 1.

tabel 1

	man gemiddeld	**man standaard-afwijking**	**vrouw gemiddeld**	**vrouw standaard-afwijking**
lichaamslengte in mm	1817	83	1668	67

Vaak maakt men voor een gemengde groep toch gebruik van één normale verdeling. Dit is dan een vrij ruwe benadering. Het gemiddelde en de standaardafwijking van deze normale verdeling berekent men met behulp van de volgende formules:

$$\bar{x}_{\mathrm{g}} = a_{\mathrm{m}} \cdot \bar{x}_{\mathrm{m}} + a_{\mathrm{v}} \cdot \bar{x}_{\mathrm{v}}$$

$$s_{\mathrm{g}}{}^2 = a_{\mathrm{m}} \cdot s_{\mathrm{m}}{}^2 + a_{\mathrm{v}} \cdot s_{\mathrm{v}}{}^2 + a_{\mathrm{m}} \cdot a_{\mathrm{v}} \cdot (\bar{x}_{\mathrm{m}} - \bar{x}_{\mathrm{v}})^2$$

Hierin is:

- $\overline{x}_g$ het gemiddelde van de gemengde groep;
- $\overline{x}_m$ en $\overline{x}_v$ het gemiddelde van de mannen respectievelijk vrouwen;
- s_g de standaardafwijking van de gemengde groep;
- s_m en s_v de standaardafwijking van de mannen respectievelijk vrouwen;
- a_m het aandeel mannen in de groep en a_v het aandeel vrouwen. Er geldt dus altijd $a_m + a_v = 1$.

Een groep bestaat uit 40% mannen en 60% vrouwen, dus $a_m = 0{,}40$ en $a_v = 0{,}60$. Men kan op twee manieren berekenen hoeveel procent van deze groep langer is dan 185 cm:

- met behulp van één normale verdeling voor de gemengde groep en de hierboven gegeven formules voor het gemiddelde en de standaardafwijking;
- zonder gebruik te maken van deze formules, met behulp van de aparte gegevens voor mannen en vrouwen.

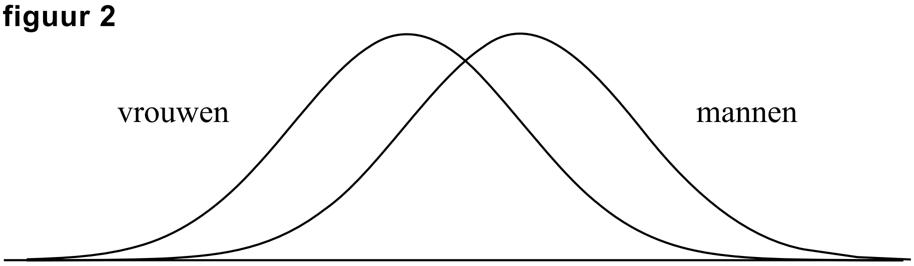
De uitkomsten van beide berekeningswijzen zullen in het algemeen verschillen.

7p **3** Bereken op beide manieren hoeveel procent van deze groep langer is dan 185 cm.

Voor sommige lichaamsafmetingen geldt dat het gemiddelde voor mannen en vrouwen verschillend is, maar de standaardafwijking gelijk. We noemen deze standaardafwijking s. Er geldt dus: $s_m = s_v = s$.

In figuur 2 hieronder zie je een schets van de verdelingskrommen die bij zo'n situatie horen. De gemengde groep (mannen en vrouwen samen) heeft een grotere spreiding dan elke groep afzonderlijk. Als je in figuur 2 de grafiek voor de gemengde groep zou tekenen, zou deze breder zijn dan de grafieken voor mannen en vrouwen afzonderlijk. Er geldt dus: $s_g > s$.

figuur 2



De formule voor $s_g^{\,2}$ kan dan geschreven worden als:

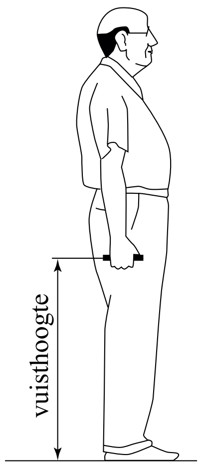
$$s_g^{\,2} = a_m \cdot s^2 + a_v \cdot s^2 + a_m \cdot a_v \cdot (\overline{x}_m - \overline{x}_v)^2$$

Ook zonder figuur 2, dus alleen aan de hand van de formule voor $s_g^{\,2}$, kun je met een redenering aantonen dat in dit geval $s_g > s$.

4p **4** Geef deze redenering.

Voor sommige doeleinden wordt ook onderscheid gemaakt tussen oudere mensen (70 jaar en ouder) en jongere mensen (20 tot 60 jaar). De TU Delft heeft in 1998 uitgebreid antropometrisch onderzoek gedaan bij oudere mensen. Hierbij is onder andere de vuisthoogte gemeten, zie figuur 3. De vuisthoogte is van belang voor bijvoorbeeld koffers en tassen op wieltjes.
Omdat oudere mensen gemiddeld minder lang zijn dan jongere mensen, verwacht men dat de vuisthoogte van oudere mannen kleiner is dan die van mannen van 20 tot 60 jaar.
De vuisthoogte van mannen van 20 tot 60 jaar is gemiddeld 817 mm met een standaardafwijking van 47 mm.
Bij een steekproef van 128 mannen van 70 jaar en ouder was de gemiddelde vuisthoogte 761 mm.
Dit steekproefresultaat (761 mm) was ruim voldoende aanleiding om te concluderen dat de vuisthoogte van mannen van 70 jaar en ouder kleiner is dan die van mannen van 20 tot 60 jaar.

figuur 3



6p **5** Bereken bij een steekproef van 128 mannen van 70 jaar en ouder tot welke waarde van het steekproefresultaat men deze conclusie nog kan trekken. Neem een significantieniveau van 5%.