

## ■ A1 doende leert men

In de Amerikaanse industrie is ooit onderzocht hoe snel werknemers leren wanneer zij een handeling vaker verrichten. Bij een groot aantal werknemers is bijgehouden hoeveel tijd ze nodig hadden om een bepaalde handeling voor de eerste keer te verrichten, hoeveel tijd voor de tweede keer, enz.

Zo bleken werknemers 16 minuten nodig te hebben om handeling A voor de eerste keer te verrichten. Bij de tweede keer was die handelingstijd 12,8 minuten. Dus wanneer een werknemer handeling A twee keer heeft uitgevoerd, is zijn gemiddelde handelingstijd  $\frac{16+12,8}{2} = 14,4$  minuten. Deze 14,4 minuten zie je in tabel 3. De andere waarden in deze tabel zijn op een vergelijkbare manier berekend.

tabel 3

aantal keren dat handeling A is verricht ( $n$ )	1	2	3	4	5	6
gemiddelde handelingstijd in minuten	16	14,4	13,1	12,1	11,3	10,7

Met behulp van tabel 3 kunnen we berekenen dat een werknemer 8,1 minuten nodig heeft om handeling A voor de 5e keer te verrichten.

3p **14** □ Geef zo'n berekening.

Wanneer we de gemiddelde handelingstijd  $H_n$  willen uitrekenen voor meer dan 6 handelingen is het handig te beschikken over een formule voor  $H_n$ . Hiertoe zijn verschillende pogingen ondernomen. Eén zo'n poging resulteerde in de formule:

$$H_n = 0,14n^2 - 2n + 17,8$$

Deze formule komt redelijk overeen met de gegevens van tabel 3 voor  $n = 1$  tot en met  $n = 6$ .

3p **15** □ Bereken het grootste verschil tussen de uitkomsten uit tabel 3 en de bijbehorende waarden van  $H_n$ .

Voor grote waarden van  $n$  is de formule voor  $H_n$  echter niet geschikt om de gemiddelde handelingstijd te beschrijven.

4p **16** □ Leg uit waarom de formule voor  $H_n$  niet geschikt is.

Het is niet zo eenvoudig een formule voor  $H_n$  te vinden die wel voldoet.

Toch kunnen we bijvoorbeeld de gemiddelde handelingstijd na 10 handelingen uitrekenen. Daarbij maken we gebruik van  $T_n$ , de tijd die een werknemer nodig heeft om handeling A voor de  $n$ -de keer te verrichten.  $T_n$  kan goed worden benaderd met de formule:

$$T_n = 6 + 14,7 \cdot 0,68^n$$

In deze formule is  $T_n$  in minuten. Inderdaad levert deze formule  $T_1 \approx 16$  en  $T_2 \approx 12,8$ . Met deze formule kunnen we ook andere handelingstijden uitrekenen en dus ook gemiddelde handelingstijden berekenen.

4p **17** □ Bereken hoe groot de gemiddelde handelingstijd is wanneer een werknemer 10 keer handeling A heeft uitgevoerd.