

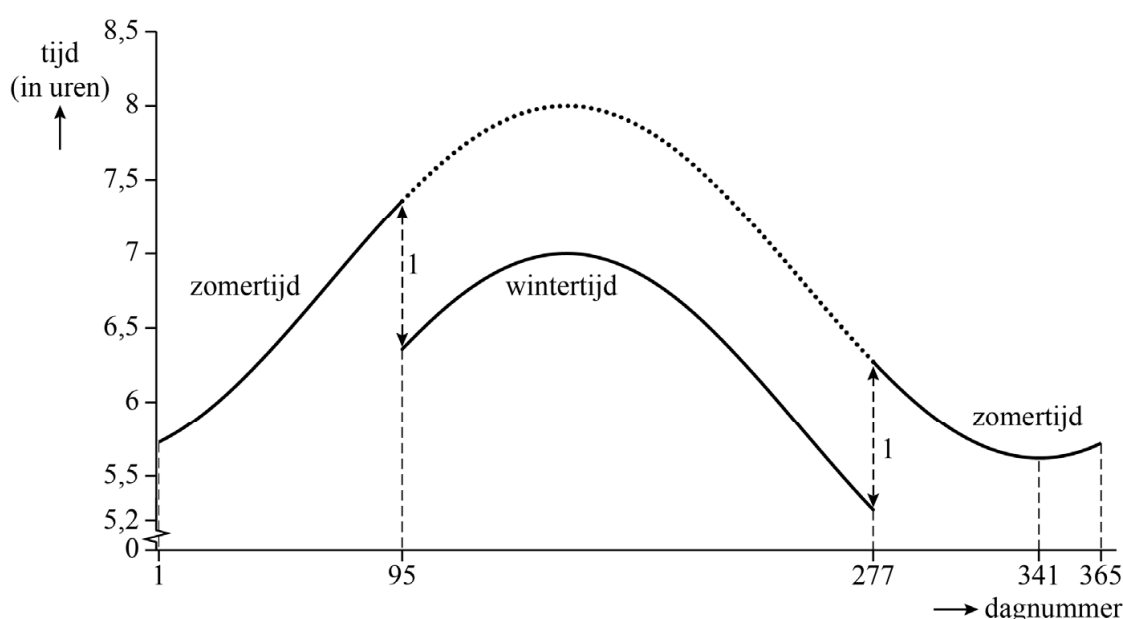
## Zonsopkomst en zonsondergang

Voor elke dag van het jaar is te bepalen hoe laat de zon opkomt en hoe laat de zon ondergaat.

Op elke dag van het jaar 2015 is volgens de lokale **zomertijd** bepaald hoe laat de zon in de Australische stad Sidney opkomt<sup>1)</sup>. De 365 meetpunten zijn in een assenstelsel getekend. Ze liggen bij benadering op een sinusoïde. In figuur 1 is deze sinusoïde getekend; een deel daarvan is gestippeld.

Onder het gestippelde deel is de grafiek getekend volgens de tijdstippen van zonsopkomst volgens de **wintertijd**. De zonsopkomst volgens de wintertijd is 1 uur eerder dan volgens de zomertijd.

**figuur 1 Zonsopkomst in Sydney**



Het laagste punt van de grafiek van de **zomertijd** is (341; 5,62).

Dit betekent dus dat de zon op dagnummer 341 volgens de zomertijd het vroegst opkomt. Dat is op tijdstip 5,62 (dus 5 uur en 37 min).

Het hoogste punt van het gestippelde deel van de grafiek van de zomertijd bevindt zich op hoogte 8,00.

noot 1 In Sidney is het zomer als het in Nederland winter is. De periode waarin de zomertijd wordt gebruikt, is daarom in Sidney anders dan in Nederland.

De grafiek van de **wintertijd** is te benaderen met een formule van de vorm:

$$S(t) = p + q \sin\left(\frac{2\pi}{365}(t - r)\right), \text{ met } 95 \leq t \leq 277$$

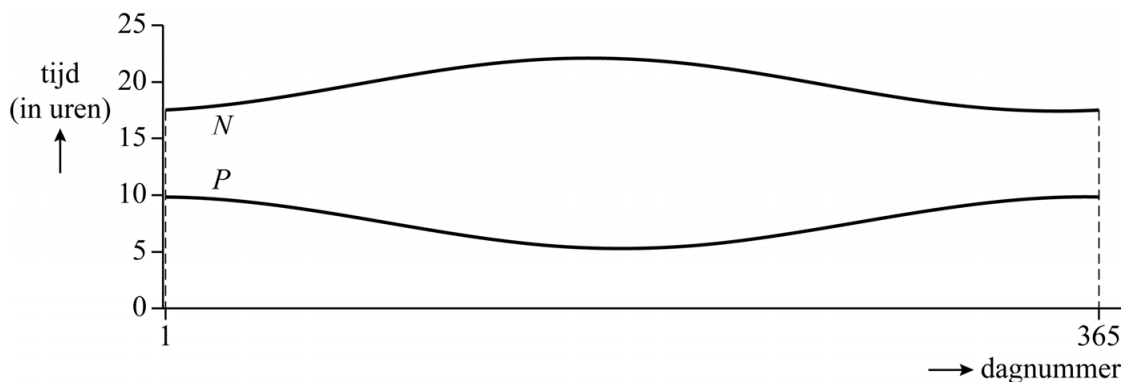
Hierin is  $S$  het tijdstip van zonsopkomst en  $t$  het dagnummer met  $t = 1$  op 1 januari.

Door gebruik te maken van de grafiek van de **zomertijd** kunnen mogelijke waarden voor  $p$ ,  $q$  en  $r$  worden berekend.

- 4p 4 Bereken mogelijke waarden voor  $p$ ,  $q$  en  $r$  van  $S(t)$ . Geef je eindantwoorden in twee decimalen.

Voor een plaats in Nederland zijn op dezelfde manier als voor Sydney volgens de lokale zomertijd de tijdstippen van zonsopkomst bepaald. Ook zijn de tijdstippen van zonsondergang volgens de zomertijd bepaald. De grafieken waarop de meetpunten liggen, zijn in figuur 2 weergegeven.

**figuur 2 Zonsopkomst en zonsondergang in Nederland**



Bij de grafiek van de zonsopkomst hoort de formule:

$$P(t) = 7,57 + 2,27 \sin\left(\frac{2\pi}{365}(t - 270,9)\right), \text{ met } 1 \leq t \leq 365$$

en bij de grafiek van de zonsondergang hoort de formule:

$$N(t) = 19,78 + 2,33 \sin\left(\frac{2\pi}{365}(t - 74,07)\right), \text{ met } 1 \leq t \leq 365$$

Hierin is  $P$  het tijdstip van zonsopkomst en  $N$  het tijdstip van zonsondergang. Opnieuw is  $t$  het dagnummer met  $t = 1$  op 1 januari. Voor  $t$  kunnen dus alleen gehele waarden worden ingevuld.

Voor elke dag kan de tijd tussen zonsopkomst en zonsondergang worden bepaald. De langste dag is de dag waarop deze tijd zo groot mogelijk is.

- 4p 5 Bereken de tijd tussen zonsopkomst en zonsondergang op de langste dag. Geef je eindantwoord in een geheel aantal uren en minuten.