

De invloed van het weer op marathonprestaties

De laatste decennia heeft er enig onderzoek plaatsgevonden naar klimatologische invloeden op duursporten, met name de marathon. Uit een voorlopig onderzoek was gebleken dat de winnende tijden correleerden met een berekend 'warmteafgiftegetal', bepaald uit de combinatie van luchttemperatuur, luchtvochtigheid en windsnelheid. Dit maakte ons nieuwsgierig of er een relatie bestaat tussen een goede marathon-eindtijd en het weer. Een tweede onderzoeksvraag is of marathonlopers een (vergrote) kans lopen op een warmteberoerte bij een bepaald weertype.

Voor de temperatuurgewaarwording van de mens is naast de luchttemperatuur ook de windsnelheid, de relatieve vochtigheid en de (zonne)straling voor de mate van behagelijkheid of gevoels-temperatuur van belang. De 'windchillfactor' is een bekend begrip geworden: de lucht voelt kouder aan met wind dan wanneer die wind er niet is.

In de zomer hebben we het warmteprobleem. Hiervoor zijn verschillende berekeningsmodellen ontwikkeld, waaronder de Maximal Recommended Duration of Exercise (M.R.D.E.). Hierin worden twee grenzen berekend (onder de nodige aannames), waarboven de kans op een hitte-aandoening aanzienlijk toeneemt, namelijk de tijd die verstrijkt totdat de rectale temperatuur 40 °C bereikt, of totdat het lichaam 5 procent aan vocht heeft ver-

loren.

De mens heeft een regelmechanisme waarmee de lichaamstemperatuur constant wordt gehouden. De constante lichaamstemperatuur is het resultaat van een evenwicht tussen warmteproductie (en warmte-opname) en warmteafgifte. Terwijl de warmteproductie voornamelijk in de spieren en de organen plaatsvindt, gebeurt de afkoeling vooral via de huid. De temperatuur van de huid, die meestal lager is dan de 37 °C van het inwendige lichaam, is in hoge mate afhankelijk van de klimatologische variabelen zoals de omgevingstemperatuur en zonnestraling. In rust is de mens vrij eenvoudig in staat om de lichaamstemperatuur binnen een schommeling van een graad te reguleren. Tijdens inspanning komt er warmte vrij in de spieren en neemt de spierweefseltemperatuur toe. Door circulatie van het bloed wordt de warmte via de huid en aan de omgeving afgegeven. De metabole warmteproductie kan aanzienlijk zijn. Wordt er in rust 300 tot 400 kJ per uur geproduceerd, tijdens sporten is de productie 15 tot 20 keer hoger! Een marathonloper van 70 kg en 1,80 m lengte die de marathon in drie uur loopt, produceert ruim 3800 kJ per uur, terwijl een toploper (2 uur, 10 minuten) zo'n 6200 kJ aan warmte produceert. De energie wordt verkregen door het verhoogde zuurstofverbruik. Iedere liter zuurstof die verbruikt wordt levert ongeveer 15 kJ warmte op. Als een looper geen warmte zou kunnen afgeven, zou de lichaamstemperatuur per uur met 16 graden stijgen. Voor toplopers is de stijging 25 graden! Hoewel de lichaamstemperatuur van de looper aan de finish enigszins is gestegen (39 tot 41 °C), is het duidelijk dat de rest van de geproduceerde warmte door

het lichaam aan de omgeving moet zijn afgestaan. Welke warmteafgifteprocessen hebben er aan de huid plaatsgevonden?

Tussen twee stoffen met elk een andere temperatuur vindt thermische geleiding plaats, waardoor beide stoffen uiteindelijk dezelfde temperatuur krijgen. Hoe groter het temperatuurverschil, hoe groter de warmteoverdracht. Aangezien de huid bijna altijd warmer is dan zijn omgeving vindt de warmteoverdracht aan de omgeving via geleiding plaats. Lucht heeft een lage warmtegeleidingscoëfficiënt, waardoor warmte slecht wordt afgevoerd. De warmteafgifte door geleiding is verwaarloosbaar klein. Dankzij stroming van de koudere lucht (convectie) langs het lichaam kan er toch warmte worden afgevoerd. De snelheid van de luchtstroom wordt bepaald door de eigen snelheid en de heersende windsnelheid: de effectieve windsnelheid. De warmteafgifte door convectie kan rekenkundig worden benaderd door: $H = h_c(T_{\text{huid}} - T_{\text{lucht}})A$ [W]; h_c is de turbulente uitwisselingscoëfficiënt tussen de looper en zijn omgeving met de dimensie $W/m^2 \text{ } ^\circ C$. Een goede benadering voor h_c is $h_c = 8,3 \times v^{1/2}$ waarin v de effectieve windsnelheid is. A is het oppervlak van de looper.

In onze berekeningen nemen we een standaardloper met een oppervlak $A = 1,8 \text{ m}^2$ terwijl in andere berekeningen voor het gewicht van de looper 70 kg wordt genomen. Voor het verdampen van een liter water is ongeveer 2400 kJ nodig. De mate waarin het verdampingsproces aan de huid (zweeten) plaatsvindt, is in hoge mate afhankelijk van de luchtvochtigheid. De afkoeling via verdamping van vocht op de huid kan voorgesteld worden door: $E = K \times h_c (e_{\text{huid}} - e_{\text{lucht}}) \times A$ [W], waarin