

Hoge omgevingstemperatuur en cognitieve prestaties binnen werksetting: systematische review

L. Dupont, F. Bouckaert, J. Detraux

- Achtergrond** In arbeidsrichtlijnen gaat alle aandacht naar de impact van hoge omgevingstemperaturen op fysieke arbeid. Er ontbreken concrete aanbevelingen hierover voor mentale arbeid.
- Doel** Onderzoeken in welke mate hoge omgevingstemperaturen een impact kunnen hebben op cognitieve prestaties binnen een werksetting, voor welke cognitieve vaardigheden of taken dit geldt, en in welke mate de gevonden resultaten getransponeerd kunnen worden naar de werksetting van de psychiater.
- Methode** Systematische literatuurstudie via PubMed, Embase, en Web of Science.
- Resultaten** In totaal werden 17 studies geïncludeerd. Reactiesnelheid en verwerkingssnelheid lijken de meest gevoelige cognitieve vaardigheden te zijn voor verhoogde omgevingstemperaturen. Hogere cognitieve functies zoals logisch en abstract redeneren blijven langer gespaard. Het temperatuurbereik voor een optimaal cognitief functioneren lijkt in het algemeen tussen 22 °C en 24 °C te liggen.
- Conclusie** Omgevingstemperaturen boven 24 °C kunnen een negatieve impact hebben op cognitieve prestaties binnen een werksetting. Aangezien vooral reactiesnelheid en verwerkingssnelheid worden aangetast, zou dit in de werksetting van de psychiater mogelijk impact kunnen hebben bij het nemen van soms cruciale beslissingen (bijvoorbeeld in crisissituaties). Gezien de beperkte ecologische validiteit van de geïncludeerde studies blijven eenduidige conclusies evenwel moeilijk.

Sinds de industriële revolutie is de gemiddelde wereldtemperatuur met ongeveer 1,15 (SD 0,13) °C gestegen.¹ In Noordwest-Europa steeg de gemiddelde temperatuur zelfs met 1,5 °C.² Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) van de Verenigde Naties heeft verschillende projecties gemaakt, waarbij (als men de industriële revolutie als referentieperiode neemt) aan het einde van de 21ste eeuw de gemiddelde temperatuur op aarde wel tot 4,8 °C hoger zou kunnen liggen.³ Gezien deze ontwikkeling zal het in de toekomst voor werkgevers alleen maar uitdagender worden om voor hun werknemers voor een gepaste werkomgeving te zorgen, ook in een kantooromgeving. Een te lage of te hoge omgevingstemperatuur binnenskamers (*indoor room temperature*) is namelijk, naast een te lage of te hoge luchtvochtigheid (*indoor air humidity*) en een inadequate ventilatie, herhaaldelijk in verband gebracht met verminderde werkprestaties.⁴ De Wereldgezondheidsorganisatie beveelt (o.a. voor gezondheidswerkers) binnenskamers een maximale omgevingstemperatuur van 24 °C aan om comfortabel

te kunnen blijven werken.⁵ In België is de maximale omgevingstemperatuur op de werkplek wettelijk vastgelegd. Bij lichte fysieke werkbelasting (zoals secretariaatswerk) mag deze maximaal 29 °C bedragen, bij zeer zware fysieke werkbelasting (zoals zwaar spitten en graven) is dit al op 18 °C begrensd.⁶ In Nederland is de maximale omgevingstemperatuur voor licht fysiek kantoorwerk vastgelegd op 28 °C; voor zeer zwaar werk op 23 °C.⁷ Indien deze waarden overschreden worden, is de werkgever wettelijk verplicht maatregelen te nemen (zoals ervoor zorgen dat er verfrissende dranken worden verstrekt of dat werkroosters of de arbeidsorganisatie worden aangepast). Deze wettelijk vastgelegde maximale omgevingstemperaturen in het kader van de arbeidsbelasting zijn evenwel vooral gebaseerd op de vastgestelde gevolgen van hitte op de *lichamelijke* gezondheid. Het gaat hier dus om *fysieke* arbeidsbelasting. De bestaande systematische literatuurstudies hierover richten zich eveneens voornamelijk op fysieke arbeid.^{8,9}

AUTEURS

Liesbeth Dupont, ten tijde van het schrijven van dit artikel arts in opleiding tot psychiater, KU Leuven; thans: psychiater, CGG Vlaams-Brabant Oost.

Filip Bouckaert, psychiater, dienst Ouderenpsychiatrie UPC KU Leuven en onderzoeksgroep Psychiatrie, departement Neurowetenschappen, Leuven Brain Institute, KU Leuven.

Johan Detraux, psycholoog en onderzoeker, UPC KU Leuven, onderzoeksgroep Psychiatrie, departement Neurowetenschappen, KU Leuven.

Correspondentie

Liesbeth Dupont (dupont.liesbeth@gmail.com).

Geen strijdige belangen meegedeeld.

Het artikel werd voor publicatie geaccepteerd op 8-2-2023.

Citeren

Tijdschr Psychiatr. 2023;65(5):316-322

Er lijken echter geen wettelijk vastgelegde criteria te bestaan voor mentale arbeid of het cognitief functioneren binnen een werksetting. Dit heeft wellicht mede te maken met het gegeven dat in diverse individuele studies de vastgestelde effecten van hoge omgevingstemperaturen en hyperthermie op de uitvoering van taken die gebaseerd zijn op cognitieve (deel)vaardigheden dubbelzinnig lijken, hoewel aangetoond werd dat omgevingstemperaturen $\geq 29,4^{\circ}\text{C}$ duidelijk een negatief effect hebben op de taakprestatie.^{4,10}

Het vastleggen van begrenzingen voor mentale arbeid is echter evenzeer relevant. De afgelopen decennia is onze westerse economie namelijk grotendeels veranderd van productie van goederen naar meer levering van diensten. Voor veel mensen is hierdoor de aard van het werk van fysieke naar mentale arbeid verschoven. Ook het werk van een psychiater binnen de setting van een ziekenhuis wordt voornamelijk gekenmerkt door mentale arbeid.¹¹ Vaardigheden die als essentieel worden beschouwd voor psychiaters omvatten naast empathische en stressmanagementvaardigheden namelijk ook vaardigheden waarbij (vooral) cognitieve processen een belangrijke rol spelen zoals logisch redeneren, communicatie, probleemoplossend vermogen, beslissingsvermogen en een uitstekend organisatorisch vermogen.¹² Het lijkt ons daarom belangrijk om op een systematische wijze te onderzoeken in welke mate hoge omgevingstemperaturen een impact kunnen hebben op mentale arbeid of cognitieve prestaties binnen een werksetting, voor wat voor soort taken of vaardigheden dit geldt, of er op basis van de vastgestelde resultaten een consensus gevonden kan worden omtrent een temperatuurgrens waarboven er duidelijk een negatieve impact te zien is, en in welke mate de gevonden resultaten getransponeerd kunnen worden naar de werksetting van de psychiater.

In dit artikel verstaan we onder omgevingstemperatuur de actuele temperatuur van de binnenlucht in een kantooromgeving (*ambient temperature*).¹³ Mentale arbeid of cognitieve prestaties worden gemeten aan de hand van cognitieve taken of (deel)vaardigheden zoals typen,

reactiesnelheid en aandacht (zie ook **tabel 1** voor een overzicht van de belangrijkste cognitieve vaardigheden).

METHODE

We voerden een literatuuronderzoek uit (tot februari 2022) naar Engelstalige studies via PubMed, Embase, en Web of Science. Voor de literatuurstudie gebruikten we diverse zoekstrings met combinaties en variaties van indextermen (MESH-termen, waaronder 'Cognitive Dysfunction' en 'Hot Temperature', en Emtree-termen, waaronder 'mental function' en 'high temperature') en tekstwoorden (zoals 'cognition', 'problem solving', 'attention', 'concentration', 'high temperature', en 'workplace') (de volledige zoekstrings kunnen opgevraagd worden bij de corresponderende auteur). Aanvullend maakten we gebruik van referenties uit de geselecteerde studies om bijkomende gegevens te verzamelen. Deze studie werd uitgevoerd overeenkomstig de PRISMA-aanbevelingen voor systematische overzichtsstudies (zie **figuur 1** voor het stroomdiagram).¹⁴

Studies werden geïncludeerd indien: 1. men de impact van verhoogde omgevingstemperatuur op het cognitief functioneren bij deelnemers van 18-65 jaar onderzocht; 2. het cognitief functioneren gemeten werd met een cognitieve taak/test; 3. de testresultaten vergeleken werden met die in een setting met een normale omgevings temperatuur; 4. het onderzoek werd uitgevoerd in een *real life*-werksetting of een experimentele setting waarbij men een kantoorruimte nabootste.

Exclusiecriteria waren: dierstudies, studies met deelnemers jonger dan 18 of ouder dan 65 jaar of waarbij er geen sprake was van een cognitieve taak/test, onderzoek waarbij de impact van de omgevingstemperatuur in combinatie met een andere factor (bijv. geluid) werd onderzocht, overzichtsstudies en niet-Engelstalige artikelen. De geïncludeerde artikelen werden onderworpen aan een kwaliteitsbeoordeling met de checklist voor quasi-experimentele studies (niet-gerandomiseerde experimentele studies) van het Joanna Briggs Institute (JBI).¹⁵

Tabel 1. Overzicht van de voornaamste cognitieve vaardigheden

Cognitieve vaardigheid	Definitie
Aandacht	
Alertheid	Activeringsniveau (moe of energie)
Gerichte aandacht	Vermogen de aandacht te focussen op een stimulus
Volgehouden aandacht	Vermogen aandacht gericht te houden op een stimulus of activiteit gedurende een langere periode
Selectieve aandacht	Vermogen aandacht te richten op een specifieke stimulus of activiteit in aanwezigheid van andere afleidende stimuli
Wisselende aandacht	Vermogen aandacht te wisselen tussen twee of meer stimuli
Verdeelde aandacht	Vermogen aandacht tegelijk te richten op verschillende stimuli of activiteiten
Planning	Mogelijkheid 'na te denken over de toekomst' of mentaal te anticiperen op de juiste manier om een taak uit te voeren of een specifiek doel bereiken
Reactiesnelheid	Hoeveelheid tijd die verstrijkt tussen waarneming en reactie
Verwerkingsnelheid	Tijd die het voor een persoon duurt om een mentale taak uit te voeren
Werkgeheugen	Geheel van processen dat ons in staat stelt om tijdelijke informatie op te slaan en te manipuleren en complexe cognitieve taken uit te voeren zoals taalbegrip, lezen, leren, of redeneren
Kortetermijngeheugen	Geheugenmechanisme dat ons in staat stelt om verwerkte informatie gedurende korte tijd vast te houden, en die ofwel snel vervaagt of verandert in het langetermijngeheugen
Langetermijngeheugen	Vermogen informatie minstens een paar dagen of zo lang als tientallen jaren te handhaven
Perceptie	Vermogen om de informatie te interpreteren die de zintuigen ontvangen
Logisch redeneren	Het zich focussen op een bepaalde taak door stap voor stap door het gedachteproces rond die taak te gaan
Abstract redeneren	Het maken van voorstellingen van bepaalde zaken die men niet in de realiteit, als concreet tastbaar object, kan zien, voelen of met andere zintuigen kan waarnemen

Deze vragenlijst, die als geschikt wordt beschouwd voor de kwaliteitsbeoordeling van dit type van studies,¹⁶ bestaat uit 9 items waarbij onder andere nagegaan wordt of er een controlegroep is, of er herhaalde metingen van de uitkomstmaat zijn zowel voor als na de blootstelling aan de interventie, en of de uitkomstmaten op een betrouwbare manier werden gemeten. Elke vraag dient beantwoord te worden met 'ja', 'neen', 'onduidelijk', of 'niet van toepassing'. Kwaliteitscores tussen 1 en 4 worden beschouwd als laag; scores tussen 5 en 7 als matig. Een kwaliteitscore van 8 of 9 wordt gezien als hoog.

RESULTATEN

Het literatuuronderzoek leverde in totaal 6885 resultaten op. Uiteindelijk werden 17 artikelen geselecteerd (zie **figuur 1** en **tabel 2**). Hoewel de methodologische kwaliteit van de meeste studies behoorlijk was (alle geïncludeerde studies behaalden een totaalscore van minimaal 6/9), bleek het gebrek aan een controlegroep het meest consistente gebrek te zijn (zie **tabel 3**). Alle geselecteerde studies hadden een experimentele opzet. Voor een aantal studies baseerde men zich op

dezelfde onderzoeksgegevens en deze werden daarom samen in **tabel 2** geplaatst.¹⁷⁻²¹

Opvallend was de grote diversiteit in het onderzoeksprotocol tussen de verschillende studies. Zo varieerde de duur van elke sessie van 15 tot 275 minuten (tijdens deze sessies werden er meestal verschillende momenten van acclimatisatie of pauze ingelast). Ook het aantal verschillende ingestelde omgevingstemperaturen varieerde van 2 tot 7. De laagste gebruikte temperatuur was 16°C, de hoogste 33°C.

In bijna alle studies maakte men gebruik van studenten als proefpersonen, waardoor de gemiddelde leeftijd van de deelnemers vrij vergelijkbaar was (meestal rond 23 jaar, met 19 en 25 jaar als respectievelijk laagste en hoogste gemiddelde leeftijd). Slechts in één studie gebruikte men echte werknemers. De studies hadden steeds kleine steekproeven (variërend van 7 tot 114 deelnemers). De verhouding mannelijke tot vrouwelijke proefpersonen in de diverse studies was ongeveer gelijk, met uitzondering van twee studies met enkel mannelijke deelnemers.

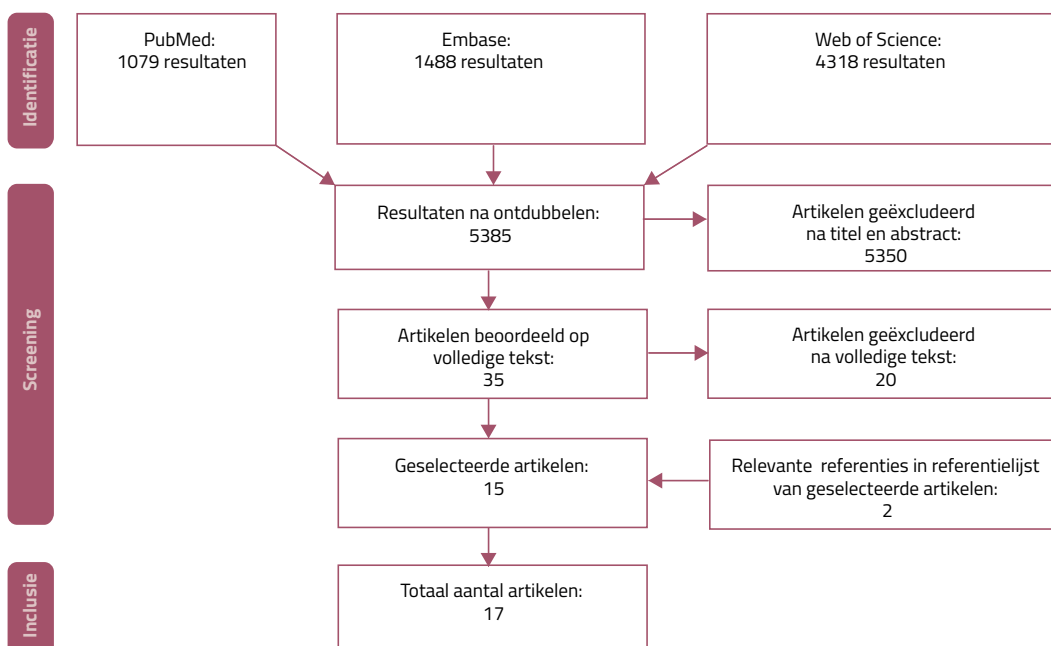
In bijna alle studies ondergingen de deelnemers voor het experiment een training om hen vertrouwd te maken met de neurocognitieve taken. In deze taken

Tabel 2. Overzicht van studiekenmerken en belangrijkste resultaten van de geïncludeerde studies^{17-33*}

1ste auteur	Type studie	Temperaturen	Cognitieve functies
Abbasi (2019)	Experimentele studie	18°C, 22°C, 26°C, 30°C	Werkgeheugen (<i>N-Backtest</i>)
Cui (2013)	Experimentele studie	22°C, 24°C, 26°C, 29°C, 32°C	Typen
Geng (2017)	Experimentele studie	16°C, 18°C, 20°C, 22°C, 24°C, 26°C, 28°C	aandacht, verwerkingsnelheid, kortetermijngeheugen
Lan (2008)	Experimentele studie	19°C, 24°C, 27°C, 32°C	perceptie, aandacht, werkgeheugen, leervermogen, reactiesnelheid, redeneren
Lan (2009), Lan (2010)	Experimentele studie	17°C, 21°C, 28°C	werkgeheugen, aandacht, abstract redeneren, begrijpend lezen, reactiesnelheid
Lan (2011), Lan (2011), Lan (2014)	Experimentele studie	22°C, 30°C	aandacht, werkgeheugen, typen, reactiesnelheid, logica, tellen (<i>Strooptest</i>)
Lan (2020)	Experimentele studie	23°C, 27°C	typen, tellen, oriëntatie, logica, werkgeheugen, aandacht (<i>Strooptest</i> , <i>Tsai-Partingontest</i>)
Lan (2021)	Experimentele studie	24°C, 26°C, 28°C	typen, tellen, oriëntatie, aandacht, werkgeheugen, logica, reactiesnelheid (<i>Strooptest</i> , <i>Tsai-Partingontest</i>)
Maula (2015)	Experimentele studie	23°C, 29°C	aandacht, werkgeheugen, typen, langetermijngeheugen (<i>N-backtest</i>)
Nayak (2018)	Experimentele studie	22,2°C, 30°C	typen, tellen
Schiavon (2016)	Experimentele studie	23°C, 26°C, 29°C	reactiesnelheid, aandacht, werkgeheugen (<i>Strooptest</i> , <i>N-backtest</i>)
Syndicus (2018)	Experimentele studie	25°C, 30°C	risicovolle beslissingen nemen (<i>Holt-Laurytest</i>)
Tanabe (2007)	Experimentele studie	25,5°C, 28°C, 33°C	tellen, typen, reactiesnelheid, oriëntatie (<i>Walter Reed Performance Assessment Battery</i>)
Tham (2010)	Experimentele studie	20°C, 23°C, 26°C	aandacht, creativiteit en redeneren (<i>Tsai-Partingontest</i>)

*Bij de vetgedrukte temperaturen werd een negatieve impact gezien. Vetgedrukte cognitieve functies ondervonden een negatief effect van hogere temperaturen, cursief gedrukte een positieve impact. Indien specifieke taken werden gebruikt, worden deze tussen haakjes vermeld.

Figuur 1. PRISMA-flowchart



Tabel 3. Scores voor de kwaliteitsbeoordeling van de geïncludeerde studies¹⁷⁻³³

1ste auteur	Score JBI
Abbasi (2019)	7/9
Cui (2013)	8/9
Geng (2017)	6/9
Lan (2008)	7/9
Lan (2009)	7/9
Lan (2010)	7/9
Lan (2011a)	6/9
Lan (2011b)	6/9
Lan (2014)	6/9
Lan (2020)	7/9
Lan (2021)	7/9
Maula (2015)	7/9
Nayak (2018)	6/9
Schiavon (2016)	7/9
Syndicus (2018)	7/9
Tanabe (2007)	6/9
Tham (2010)	6/9

bestond er ook veel variatie. Sommige studies waren beperkt tot typische kantoortaken zoals typen of rekenen, in andere gebruikte men eerder gestandaardiseerde tests zoals de *Strooptest* of de *N-Backtest*.

Studieresultaten

In de meeste studies vond men een negatieve impact van hoge omgevingstemperaturen voor één of meer cognitieve taken of (deel)vaardigheden. Slechts in één studie vond men geen enkel effect.²²

Voor de studies die een negatieve impact van hogere omgevingstemperatuur op cognitieve prestaties aantoonde, liepen de resultaten uiteen voor omgevingstemperaturen tussen 24°C en 26°C (zie **tabel 2**). Vanaf 27°C werd er evenwel altijd een effect gezien. Het temperatuurbereik voor een optimaal cognitief functioneren leek in het algemeen tussen 22°C en 24°C te liggen. Slechts in twee studies deed men expliciet onderzoek naar de optimale omgevingstemperatuur voor het verrichten van cognitieve taken in een kantoorruimte.^{24,25} Bij het eerste onderzoek werd per persoon en per temperatuur de prestatie afgewogen aan een standaardwaarde.²⁴ Deze verkregen waardes werden uitgezet op een grafiek, waarvan het maximum 25,8°C was. Bij het tweede onderzoek werd voor elke deelnemer de verhouding berekend van de productiviteit bij een bepaalde temperatuur ten opzichte van de gemiddelde productiviteit bij alle temperaturen. Hierbij zag men dat de curve stijgt tot 22°C en daarna daalt. De optimale omgevingstemperatuur bij beide studies ligt ver uit elkaar, hetgeen toegeschreven kan worden aan een verschil in studieka-

rakteristieken (verschillende cognitieve vaardigheden, duur, aantal deelnemers en gekozen temperaturen). De cognitieve (deel)vaardigheden of taken die het gevoeligst leken te zijn voor verhoogde omgevingstemperaturen waren reactiesnelheid/verwerkingssnelheid^{17,18,23,25,28,30,33} en rekenen (waarbij diverse cognitieve deelvaardigheden, waaronder werkgeheugen, werden getest).^{19-21,27} Voor bepaalde andere cognitieve vaardigheden (zoals aandacht) of taken (zoals typen) waren de resultaten niet consistent. Hogere cognitieve functies zoals logisch en abstract redeneren leken meer bestendig te zijn tegen de negatieve impact van hoge omgevingstemperaturen.

DISCUSSIE

Optimale omgevingstemperatuur

De resultaten van onze overzichtsstudie suggereren dat hogere omgevingstemperaturen binnenskamers meestal een negatief effect hebben op één of meer cognitieve (deel)vaardigheden of taken. Dit lijkt het meest consistent te zijn voor reactiesnelheid, verwerkingssnelheid en rekenen. Voor andere cognitieve taken of cognitieve (deel)vaardigheden blijken de resultaten dubbelzinniger te zijn. Hogere cognitieve functies (zoals logisch en abstract redeneren) blijken langer gespaard te blijven. Zoals we in de inleiding reeds vermeldde, omvatten vaardigheden die als essentieel worden beschouwd voor psychiaters naast empathische en stressmanagementvaardigheden ook vaardigheden waarbij (vooral) cognitieve processen een belangrijke rol spelen zoals logisch redeneren, communicatie, probleemoplossend vermogen, beslissingsvermogen en organisatorisch vermogen.¹²

Om logisch te kunnen redeneren bijvoorbeeld dient een psychiater over inductieve en deductieve redeneervaardigheden te beschikken. Inductieve redeneervaardigheden stellen psychiaters o.a. in staat om patronen in het gedrag van een patiënt waar te nemen om de mogelijke oorzaak van hun symptomen te bepalen. Dankzij deductieve redeneervaardigheden kunnen ze een hypothetische diagnose stellen op basis van hun medische kennis om deze vervolgens te toetsen aan de hand van de reacties en testresultaten van een patiënt. Psychiaters kunnen probleemoplossende vaardigheden gebruiken om te bepalen welke medicijnen het gunstigst zijn voor een individuele patiënt. Reactie- en verwerkingssnelheid zijn dan weer relevant om sneller beslissingen te kunnen nemen, wat vooral in crisissituaties relevant kan zijn.¹²

Wanneer we uitgaan van de vaststelling van onze systematische studie dat in de eerste plaats de reactiesnelheid en verwerkingssnelheid erg gevoelig zijn voor verhoogde omgevingstemperaturen zou dit in de werksomgeving van de psychiater mogelijk een impact kunnen hebben bij het nemen van soms cruciale beslissingen (bijvoorbeeld in crisissituaties). Het stellen van diagno-

sen of het toetsen van hypothetische diagnoses, waarbij hogere cognitieve functies (zoals logisch redeneren) dan weer relevanter zijn, zou pas bij nog hogere omgevings-temperaturen lacunes beginnen te vertonen.

Verhoogde omgevingstemperaturen kunnen cognitieve prestaties via verschillende mechanismen beïnvloeden: 1. thermisch ongemak leidt de aandacht af; 2. warmte verlaagt de arousal (het activeringsniveau van een individu); 3. verhoogde omgevingstemperaturen (naast andere relevante factoren zoals inadequate ventilatie) vergroten de kans op het voorkomen van gebouwgerelateerde klachten (GGK; *sick building syndrome* (SBS), een combinatie van specifieke gezondheidsklachten zoals hoofdpijn, droge ogen en luchtwegirritatie), wat eveneens leidt tot afleiding en dus tot verdere negatieve effecten op de cognitieve prestaties; 4. hyperthermie veroorzaakt veranderingen in de activiteit van het laterale cerebellum die mogelijk het cognitief functioneren aantasten; 5. recent onderzoek suggereert ook een rol voor de TRPM8-ionkanalen (van *transient receptor potential melastatin 8*).^{10,34}

Welke omgevingstemperatuur voor mentale arbeid zouden bedrijven en psychiatrische ziekenhuizen moeten nastreven? Volgens onze systematische overzichtsstudie lijkt het temperatuurbereik voor een optimaal cognitief functioneren in het algemeen tussen 22°C en 24°C te liggen. Dit komt overeen met het bereik (18-24°C) dat de Wereldgezondheidsorganisatie voorstelt om comfortabel te kunnen werken (tevens voor beroepen waarbij mentale arbeid centraal staat),⁵ alsook met de resultaten van een recente systematische overzichtsstudie,⁴ waarin men stelt dat het optimale bereik voor cognitieve prestaties 22-24°C lijkt te zijn.

Het verband tussen de omgevingstemperatuur binnenskamers en cognitieve prestaties lijkt de curve van een parabool te volgen. Bij omgevingstemperaturen van $\geq 25^\circ\text{C}$ neemt de mentale alertheid af en bij $\geq 30^\circ\text{C}$ is het concentratievermogen verdwenen en wordt een plateaufase bereikt. Hetzelfde geldt in het geval van lage omgevingstemperaturen. Bij 22-24°C zien we dan opnieuw een plateaufase.^{10,24}

Andere relevante factoren

Het is belangrijk op te merken dat naast de actuele kamertemperatuur van de binnenlucht in een kantooromgeving er nog andere mediërende factoren (waarmee in de meeste van de geïncludeerde studies geen rekening werd gehouden) zijn waarmee we rekening moeten houden. De thermische omgeving op de werkvloer wordt behalve door de omgevingstemperatuur namelijk ook bepaald door stralingstemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en de snelheid van luchtverplaatsing. Echter, een andere vaak gebruikte parameter in onderzoek, namelijk de gevoelstemperatuur (*apparent temperature*), waarbij eveneens rekening wordt gehouden met parameters zoals luchtverplaatsing en luchtvochtigheid, blijkt sterk gecorreleerd te zijn met *ambient temperature*.³⁵

Dit neemt niet weg dat er nog talloze individuele factoren zijn, zoals de motivatie, de algemene mentale en fysieke gezondheidstoestand, de gedragen kledij, en de acclimatisatiegraad, die eveneens een belangrijke mediërende rol kunnen spelen. Wat de acclimatisatiegraad betreft, zijn mensen uit verschillende klimaatregio's aangepast aan verschillende buitentemperaturen. Dit betekent dat het optimale temperatuurbereik voor een werkomgeving binnenskamers ook afhankelijk zal zijn van de gemiddelde buitentemperatuur in een bepaalde regio.^{4,23}

Sterktes en beperkingen

De ecologische validiteit van de geïncludeerde studies is in bepaalde aspecten nogal twijfelachtig. Hoewel onderzoekers cognitieve taken of (deel)vaardigheden kozen die representatief zijn voor het werk dat in een kantoorruimte wordt uitgevoerd (o.a. typen, rekenen en aandacht) en er ook vaak een daadwerkelijke kantoorruimte werd nagebootst, al dan niet met verschillende proefpersonen in dezelfde ruimte (vergelijkbaar met een gedeelde kantoorruimte zoals bij de meeste bedrijven voorkomt), maakten zij anderzijds bijna altijd gebruik van studenten, wiens leeftijd en leefomstandigheden verschillen in vergelijking met de gemiddelde beroepsbevolking. Dit zou kunnen betekenen dat de door ons beschreven afleidingen naar het werkveld van de psychiater misschien beperkt moeten worden tot de jongere generatie van artsen in opleiding tot psychiater. Ten slotte kan de beperkte tijd die deelnemers doorbrachten in de testruimtes bezwaarlijk gezien worden als een ware weerspiegeling van een meestal 8 uren durende werkdag.

Een andere beperking van dit onderzoek is, zoals reeds aangehaald, de grote diversiteit aan methodologie tussen de verschillende studies. Hierdoor is het moeilijk om onderzoeksresultaten te vergelijken. Er lijkt dus een meer gestandaardiseerd protocol nodig om definitieve conclusies te kunnen trekken.

Het aantal proefpersonen is meestal ook beperkt. Slechts in één studie werd een onderscheid gemaakt tussen de resultaten van mannelijke en vrouwelijke proefpersonen.

Verder moeten we ook vermelden dat van de 17 studies die uiteindelijk aan de inclusiecriteria voldeden er 8 van dezelfde onderzoeksgroep zijn. Sommige van deze artikelen¹⁷⁻²¹ baseren zich ook op dezelfde onderzoeksgegevens. Om dit overwicht wat te compenseren hebben we deze in dit artikel als één studie behandeld.

Een andere beperking van de meeste onderzoeken is het leereffect, aangezien dezelfde proefpersonen dezelfde taken moeten uitvoeren bij verschillende temperaturen die vaak niet op een gerandomiseerde wijze werden toegediend (en ze zich dus beter kunnen acclimatiseren). Hierdoor is te verwachten dat de deelnemers beter worden in deze taken, wat een vertekend beeld kan geven. In een aantal studies probeerde men dit effect te beperken door de deelnemers op voorhand al een aantal

keer de testen te laten uitvoeren,^{27,30} de volgorde van de temperaturen af te wisselen,²⁸ of door statistische correcties toe te passen.

In toekomstig onderzoek is het dan ook van belang om te zoeken naar proefpersonen die meer representatief zijn voor de gemiddelde werknemer, zoveel mogelijk andere factoren die mogelijk impact hebben uit te sluiten en rekening te houden met het leereffect.

CONCLUSIE

Omgevingstemperaturen van meer dan 24°C kunnen een negatieve impact hebben op cognitieve prestaties binnen een werksetting. Aangezien vooral reactiesnelheid en verwerkingsnelheid worden aangetast, zou dit in de werksetting van de psychiater mogelijk een impact kunnen hebben bij het nemen van soms cruciale beslissingen (bijvoorbeeld in crisissituaties). Hogere cognitieve functies lijken langer gespaard te blijven. Gezien de beperkte ecologische validiteit van de geïncludeerde studies blijven eenduidige conclusies evenwel moeilijk. Er is daarom behoefte aan studies die nauwer aansluiten bij de werkelijke arbeidswereld, en in het bijzonder bij die van de psychiater, om een duidelijk inzicht te kunnen krijgen in de impact van hoge omgevingstemperaturen op cognitieve prestaties binnen een werksetting.

LITERATUUR

- 1 World Meteorological Organization. WMO Provisional State of the Global Climate 2022. https://library.wmo.int/doc_num.php?expl-num_id=11359
- 2 Bertrand C, Journée M, Tricot C. Klimaatrapport 2020: van klimaat-informatie tot klimaatdiensten. Ukkel : Koninklijk Meteorologisch Instituut; 2020.
- 3 Collins M, Knutti R, Arblaster J. Long-term climate change: projections, commitments and irreversibility. In: Stocker TF, Qin D, Plattner GK, e.a., red. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the 4 Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press; 2013.
- 5 Wolkoff P, Azuma K, Carrer P. Health, work performance, and risk of infection in office-like environments: The role of indoor temperature, air humidity, and ventilation. *Int J Hyg Environ Health* 2021; 233: 113709.
- 6 World Health Organization. WHO housing and health guidelines. Genève: WHO; 2018. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276001/9789241550376-eng.pdf>.
- 7 Belgische Federale Overheidsdienst Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg. Rechten van werknemers bij warm weer. Brussel: FOD; 2021. <https://werk.belgie.be/nl/themas/welzijn-op-het-werk/omgevingsfactoren-en-fysische-agentia/thermische-omgevingsfactoren-0>.
- 8 Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Wanneer is het te warm om te werken? Arboportaal. 23 April 2022. <https://www.arboportaal.nl/onderwerpen/warmte/vraag-en-antwoord/wat-is-te-warm#:~:text=In%20de%20zomer%20is%20de,23%20en%2026%CB%9AC.&text=Voor%20intensief%20lichamelijk%20inspannend%20werk,zijn%20dan%2025%CB%9AC>.
- 9 Taylor L, Watkins SL, Marshall H. the impact of different environmental conditions on cognitive function: a review. *Front Psychol* 2016; 6: 372.
- 10 Martin K, McLeod E, Piérard J. The impact of environmental stress on cognitive performance: a systematic review. *Hum Factors* 2019; 61: 1205-46.
- 11 Wei ET. Improving brain power by applying a cool TRPM8 receptor agonist to the eyelid margin. *Med Hypotheses* 2020; 142: 109747.
- 12 Trevisan ER, Castro S. Psychosocial aspects of work in mental health: an integrative review. *SMAD, Rev Eletrônica Saúde Mental Álcool Drog* 2016; 12: 188-97.
- 13 Indeed Editorial Team. Skills needed to be a psychiatrist: definition and examples. August 11, 2022. <https://www.indeed.com/career-advice/resumes-cover-letters/skills-needed-to-be-psychiatrist>.
- 14 Jeddi Yeganeh A, Reichard G, McCoy AP. Correlation of ambient air temperature and cognitive performance: a systematic review and meta-analysis. *Build Environ* 2018; 143: 701-16.
- 15 Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021; 372: n71.
- 16 Tufanaru C, Munn Z, Aromataris E. Chapter 3: Systematic reviews of effectiveness. In Aromataris E, Munn Z, red. Joanna Briggs Institute Reviewer's Manual. Adelaide: Joanna Briggs Institute, 2017.
- 17 Ma LL, Wang YY, Yang ZH. Methodological quality (risk of bias) assessment tools for primary and secondary medical studies: what are they and which is better? *Mil Med Res* 2020; 7: 7.
- 18 Lan L, Lian Z. Use of neurobehavioral tests to evaluate the effects of indoor environment quality on productivity. *Build Environ* 2009; 44: 2208-17.
- 19 Lan L, Lian Z, Pan L. The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings. *Appl Ergon* 2010; 42: 29-36.
- 20 Lan L, Wargocki P, Wyon DP. Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. *Indoor Air* 2011; 21: 376-90.
- 21 Lan L, Wargocki P, Lian Z. Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. *Energy Build* 2011; 43: 1057-62.
- 22 Lan L, Wargocki P, Lian Z. Thermal effects on human performance in office environment measured by integrating task speed and accuracy. *Appl Ergon* 2014; 45: 490-5.
- 23 Lan L, Lian Z, Pan L. Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: The effects of room temperature. *Build Environ* 2008; 44: 1578-88.
- 24 Abassi AM, Motamedzade M, Aliabadi M. The impact of indoor air temperature on the executive functions of human brain and the physiological responses of body. *Health Promot Perspect* 2019; 9: 55-64.
- 25 Cui W, Gao G, Park JH. Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. *Build Environ*. 2013; 68: 144-22.
- 26 Geng Y, Ji W, Lin B. The impact of thermal environment on occupant IEQ perception and productivity. *Build Environ* 2017; 121: 158-67.
- 27 Lan L, Xia L, Hejjo R. Perceived air quality and cognitive performance decrease at moderately raised indoor temperatures even when clothed for comfort. *Indoor Air* 2020; 30: 841-59.
- 28 Lan L, Tang J, Wargocki P. Cognitive performance was reduced by higher air temperature even when thermal comfort was maintained over the 24-28 degrees C range. *Indoor Air* 2021; 32: e12916.
- 29 Maula H, Hongisto V, Östman L. The effect of slightly warm temperature on work performance and comfort in open-plan offices - a laboratory study. *Indoor Air* 2015; 26: 286-97.
- 30 Nayak T, Zhang T, Mao Z. Prediction of temperature induced office worker's performance during typing task using EEG *Brain Sci* 2018; 74.

De overige literatuurverwijzingen zijn online te raadplegen.