

# Mentale vermoeidheid zit tussen de oren

's Nachts loopt men het grootste risico op een arbeidsongeval. Een risico dat groter wordt naarmate er meer nachten achter elkaar wordt gewerkt. Vermoeidheid is een belangrijke component van dit grotere risico. Werknemers zijn vaak al enige tijd wakker als ze beginnen aan een nachtdienst, waarmee slaapdruk is opgebouwd. Daarnaast promoot onze biologische klok juist slaap en inactiviteit gedurende de nacht. Deze combinatie van verhoogde slaapdruk en de werking van de biologische klok zorgt voor vermoeidheid en verminderde alertheid gedurende de nacht. In dit artikel worden nieuwe inzichten over de mechanismen achter de mentale component van vermoeidheid besproken en wordt aangetoond waarom deze inzichten belangrijke consequenties hebben op de werkvloer.

## Jesper Hopstaken

### Wat is vermoeidheid?

Mentale vermoeidheid is een veelvoorkomend fenomeen op de werkvloer wanneer iemand langdurig bezig is met cognitief veeleisende taken. In de literatuur wordt mentale vermoeidheid omschreven als een staat die wordt gekarakteriseerd door de toenemende weerstand tegen verdere inspanning en die gepaard gaat met veranderingen in stemming, motivatie en informatieverwerking (Van der Linden, Frese, & Meijman, 2003). De hoeveelheid ervaren vermoeidheid kan fluctueren gedurende de dag, bijvoorbeeld als gevolg van dagelijkse werkeisen. Mentale vermoeidheid kan echter ook chronisch zijn en samenhangen met ziekten en stoornissen, zoals de ziekte van Parkinson, depressie en burn-out. Op het werk is mentale vermoeidheid een van de meest voorkomende oorzaken van ongelukken en incidenten. Ondanks het feit dat vermoeidheid vaak voorkomt en grote gevolgen kan hebben voor de werkprestatie en de veiligheid, zijn de psychologische en fysiologische mechanismen die ten grondslag liggen aan vermoeidheid relatief onbekend. Fundamentele vragen zijn dan ook:

- Waarom worden mensen vermoeid?
- Wat is het nut van vermoeidheid?
- En hoe komt het dat vermoeidheid het cognitief functioneren en de taakprestatie zo drastisch kan beïnvloeden?

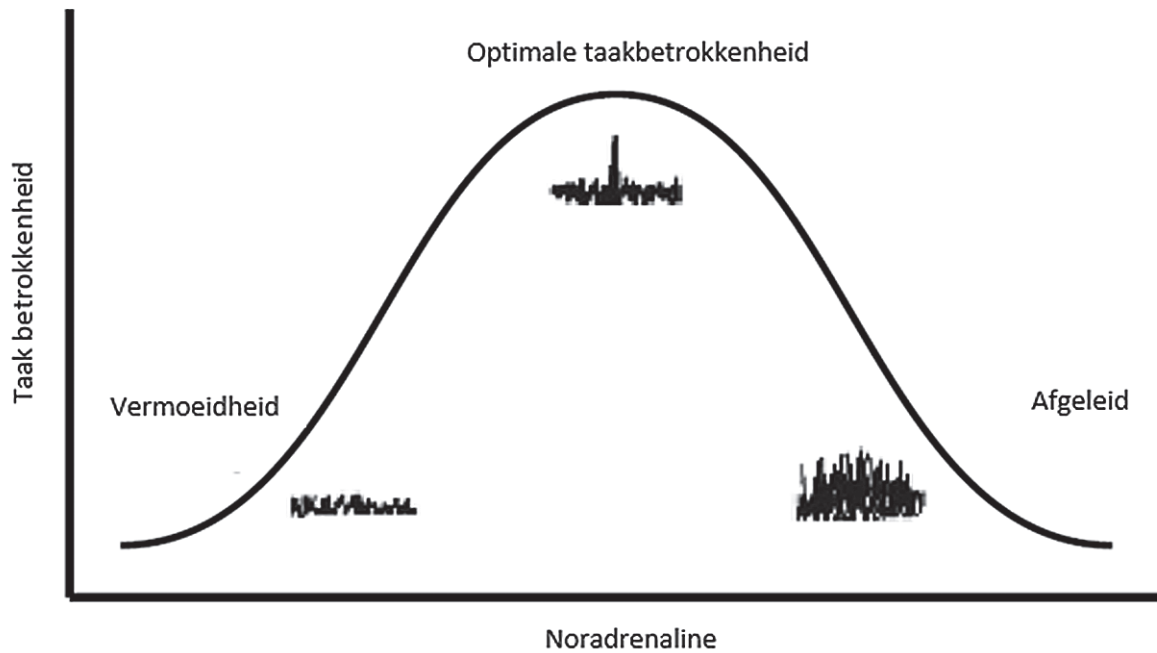
In het afgelopen decennium is er steeds meer onderzoek gedaan naar de psychofysiologische bouwstenen van vermoeidheid en de consequenties

hiervan op (taak)performance. Ondanks het feit dat vermoeidheid heel complex is en verschillende facetten bevat, is er over het algemeen verandering waar te nemen in motivatie, denkprocessen en de gemoedstoestand. Deze veranderingen worden samengenomen in het concept taakbetrokkenheid. Wanneer iemand vermoeid raakt, vinden er dus veranderingen plaats in zijn of haar taakbetrokkenheid (Boksem & Tops, 2008). Wanneer iemand volledig betrokken is bij zijn of haar taak, wordt bewuste controle toegepast om te focussen op relevante taakeigenschappen en irrelevante informatie buiten te sluiten. Alle relevante cognitieve systemen worden in dat geval gebruikt om de prestatie op de taak te optimaliseren. Omdat het voor vermoeide mensen moeilijk is om bewuste controle toe te passen, neemt de taakbetrokkenheid af. Recente studies hebben uitgewezen dat vooral motivatie een belangrijke rol speelt bij het wel of niet betrokken blijven bij een taak (Hopstaken et al., 2015). In dit artikel worden deze studies kort beschreven en wordt uitgelegd wat de impact hiervan is op het functioneren tijdens het werk, en dan in het bijzonder nachtwerk.

### Een nieuwe manier om naar vermoeidheid te kijken

#### *Taakbetrokkenheid en brein*

Om een beter idee te krijgen van de uitgevoerde studies is het belangrijk eerst iets te vertellen over het hersensysteem dat betrokken is bij het reguleren van taakbetrokkenheid. Dit systeem wordt ook wel de locus coeruleus noradrenaline (LCNA) systeem genoemd (Aston-Jones & Cohen, 2005). De locus



Afbeelding 1. Omgekeerde u-curve voor taakbetrokkenheid.

coeruleus is een zeer kleine plek in de hersenstam waar de hoeveelheid noradrenaline in het brein wordt gereguleerd. Dit heeft invloed op diverse andere delen van het brein die betrokken zijn bij het sturen van aandacht en actie gestuurd gedrag. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie verschillende modi waarin het systeem kan opereren. Deze modi bevinden zich op een omgekeerde u-curve die is weergegeven in afbeelding 1. Bovenop de omgekeerde u-curve staat de modus die zorgt voor optimale taakbetrokkenheid. Tijdens deze modus stuurt het LCNA-systeem alleen noradrenaline door het brein wanneer er iets relevant gebeurt voor de taak waarmee je bezig bent. Hierdoor wordt je brein alleen op scherp gezet wanneer er iets relevant gebeurt en zo blijft je aandacht bij de taak. Aan de rechterkant van de u-curve worden er door het LCNA-systeem continue noradrenalinepulsen vrijgelaten in het brein. Hierdoor zal je niet alleen aandacht geven aan taakgerelateerde gebeurtenissen, maar ook aan irrelevante gebeurtenissen. Dit zorgt ervoor dat je gemakkelijk afgeleid bent en we noemen deze modus daarom ook wel de afleidingsmodus. Deze modus zorgt er uiteindelijk voor dat de prestatie op de taak die je aan het uitvoeren bent afneemt. Aan de andere kant van de U-curve bevindt zich een modus die ook zorgt voor verminderde taakprestatie, maar ditmaal juist omdat er te weinig noradrenaline wordt vrijgelaten in het brein. Wanneer het LCNA-systeem in deze modus opereert, reageer je niet meer op zowel relevante als irrelevante gebeurtenissen. Dit is precies wat er tijdens vermoeidheid lijkt te gebeuren. Men is niet meer betrokken bij de taak, en vindt het überhaupt moeilijk om nog ergens de aandacht op te richten. Het

linken van deze modus aan vermoeidheidsverschijnselen schept de mogelijkheid om op een objectieve manier de fluctuaties in vermoeidheid te observeren. Dit biedt kansen om te testen wat voor soort interventies geschikt zijn om vermoeidheid tegen te gaan.

#### *De opzet en uitkomsten van het onderzoek*

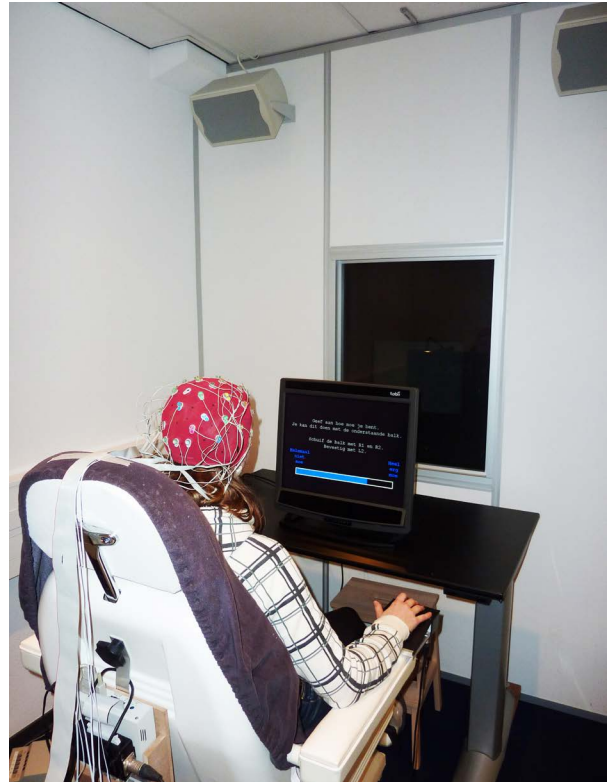
In het lab hebben we zelf vervolgens getoetst of mentale vermoeidheid inderdaad samen hangt met taakbetrokkenheid en activiteit van het LCNA-hersensysteem. De deelnemers aan het onderzoek moesten gedurende twee uur achter elkaar werken aan een n-back-taak. Deze taak, waarin letters moeten worden onthouden en vergeleken met eerder getoonde letters, staat bekend om de grote hoeveelheid aandacht en taakbetrokkenheid die is vereist om de taak succesvol uit te voeren. Tijdens de taak werden, naast de subjectieve toestand van de deelnemers en de prestatie op de taak, ook de amplitude van de P3-golf in de hersenactiviteit, de pupilgrootte in rust en de pupilverwijding na het tonen van de letters gemeten (afbeelding 2, blz. 14). Uit eerder onderzoek blijkt dat deze fysiologische metingen sterk samenhangen met activiteit van het LCNA-systeem (onder andere Gilzenrat et al., 2010). Uit de analyse van de data bleek dat met toenemende tijd op de taak, vermoeidheid toenam en dat taakbetrokkenheid en prestatie op de taak afnamen. Dit ging samen met een afname van P3-amplitude, de grootte van de pupil en de pupilverwijding, wat eveneens duidt op vermoeidheid. Na twee uur aan de taak te hebben gewerkt, en zeer vermoeid te zijn geworden, kregen de deelnemers te horen dat de resterende duur van het onderzoek

afhankelijk was van de hun prestatie op het resterende deel van de opdracht. We vertelden hen dat afhankelijk van hoe goed ze presteerden de resterende tijd tussen de vijf en veertig minuten kon bedragen. Het doel van deze manipulatie was om de motivatie voor de taak te vergroten. Dit bleek te werken, want taakbetrokkenheid nam na de manipulatie sterk toe. Ook prestatie op de taak, de P3-amplitude, de pupilgrootte en de pupilverwijding namen na de manipulatie sterk toe (naar waarden die vergelijkbaar of zelfs hoger waren dan bij aanvang van het onderzoek). Naar aanleiding van deze resultaten concludeerden we dat er inderdaad aanwijzingen zijn dat het LCNA-systeem betrokken is bij prestatieveranderingen tijdens mentale vermoeidheid. Ook concludeerden we dat verminderde prestatie tijdens vermoeidheid samenhangt met motivatie voor de taak en niet enkel te verklaren valt door de uitputting van gelimiteerde energiebronnen.

### **Wat betekent dit voor de praktijk?**

#### *De theorie van gelimiteerde energiebronnen*

De laatste jaren is er veel onderzoek gedaan waarbij is gekeken naar de rol van subjectieve ervaring op taakbetrokkenheid en taakprestatie. In veel recente studies naar zelfcontrole en mentale vermoeidheid is er gespeculeerd over de invloed van motivationele aspecten van de taak, maar tot voor kort was er weinig empirisch onderzoek dat dit ondersteunde. De hier eerder beschreven studies laten echter zien dat het manipuleren van de beloning bij een taak, en dus het vergroten van de motivatie voor de taak, een heel sterk effect heeft op betrokkenheid en prestatie wanneer mensen vermoeid zijn. Dit heeft weer implicaties voor klassieke vermoeidheidsmodellen die uit gaan van de uitputting van gelimiteerde energiebronnen. Een bekend voorbeeld van zo'n theorie is de Ego-Depletion-theorie (Baumeister et al., 1998). In dit onderzoek testten Baumeister en collega's de prestatie van proefpersonen op moeilijke en frustrerende taken. De helft van de proefpersonen moest tijdens de taak een bepaalde verleiding onderdrukken, voordat ze begonnen aan de uiteindelijke prestatietoets. In een experiment moest die groep bijvoorbeeld de verleiding om lekkere chocolaatjes te eten onderdrukken en zichzelf dwingen om randsjes te eten. De onderzoekers lieten zien dat proefpersonen die eerst iets moesten onderdrukken veel sneller opgaven tijdens de daaropvolgende prestatietoets. Zij concludeerden daaruit dat alle vormen van zelfcontrole, zoals het onderdrukken van impulsen en het focussen op een moeilijke taak, putten uit dezelfde voorraad van gelimiteerde energiebronnen. Dit verschijnsel noemden ze Ego Depletion. In de twintig jaar die daarop volgden is dit model steeds verder geconceptualiseerd. Omdat vermoeidheid wordt geassocieerd met moeite om zelfcontrole toe te passen, werd aangenomen dat vermoeidheid ook



Afbeelding 2. Labopstelling waarbij de proefpersoon 2 uur lang een n-back taak uitvoert, waarbij de subjectieve toestand van de proefpersoon en de taakprestatie werden gemeten en waarbij fysiologische metingen uitgevoerd werden.

berust op het principe van gelimiteerde energiebronnen. In deze context werd het brein gezien als een soort spier, die na inspanning moest rusten om weer goed te kunnen presteren. Echter, recente studies tonen aan dat vermoeidheidssymptomen ook kunnen worden weggenomen zonder te rusten. Het vergroten van de motivatie voor de taak kan ervoor zorgen dat de negatieve effecten van vermoeidheid op de taakprestatie verdwijnen, ondanks het feit dat mensen al uren aan een moeilijke taak werken en aangeven zeer vermoeid te zijn. Het idee van een gelimiteerde energiebron kan dit fenomeen niet verklaren. Wanneer de energiebron leeg is, zou herstel alleen mogelijk zijn door te rusten en de energie weer aan te vullen.

Op basis van deze bevindingen stellen we een ander mechanisme aan u voor dat niet gebaseerd is op een gelimiteerde energiebron, maar uitgaat van continue evaluaties van kosten en baten. Het uitgangspunt is daarbij dat mensen uit een scala van mogelijkheden altijd zullen kiezen voor de optie die op dat moment het meest belonend is. Wanneer er op een gegeven moment weinig motivatie meer is om betrokken te blijven bij een taak raken de kosten en baten van het focussen op de taak uit balans. Als er dan ook niet direct een alternatieve, lonende, activiteit is, dient vermoeidheid als een soort remmende emotie die

ervoor zorgt dat mensen zich niet over de kop werken voor een relatief beperkte beloning. Het is in dat geval efficiënter om energie te bewaren voor het moment dat er zich weer een meer belonende taak voor doet.

## *Implicaties voor het omgaan met vermoeidheid op de werkvloer*

Omdat de theorie van uitgeputte energiebronnen erg intuïtief is, heeft deze snel aan populariteit gewonnen. Hierdoor zijn er op dit moment veel interventies tegen vermoeidheid in gebruik die gebaseerd zijn op dit principe. Nu we weten dat er situaties zijn waarin deze theorie tekortkomingen heeft wanneer het gaat om het bestrijden van vermoeidheid, is het belangrijk om deze interventies te herzien. Wanneer je kijkt naar de huidige interventies die gebaseerd zijn op de theorie van uitgeputte energiebronnen, zijn ze in essentie allemaal gericht op het aanvullen van deze bronnen of het vergroten van hun capaciteit. Dat wil zeggen, herstellen door uit te rusten. De recente bevindingen laten echter zien dat dit niet altijd de enige en beste optie voor herstel is. Sterker nog, in sommige situaties waarin je langdurige perioden van onderstimulatie hebt ervaren kun je wellicht beter juist iets actiefs doen om herstel teweeg te brengen.

Het is belangrijk om in kaart te brengen welke interventies effectief zijn in het verminderen van vermoeidheid op de werkvloer en de gevaren die daardoor op de loer liggen. Traditioneel gezien wordt dit gedaan door het werk te verdelen over verschillende diensten omdat, vanuit de uitputtingsfilosofie, lange aaneengesloten perioden van werk tot vermoeidheid leiden. Tevens wordt er tijdens een dienst om de zoveel uur een korte herstelpauze (waarin vaak even wordt gerust) ingepland. En ondanks dat deze pauzes effectief kunnen zijn, gebeurt het inplannen van deze pauzes vooral op basis van traditie en gewoonte. Nu we weten dat motivatie een grote rol speelt bij vermoeidheid, kunnen we onderzoeken welke werkzaamheden de grootste kans hebben om vermoeidheid uit te lokken.

Onze overtuiging is dat je in het geval van een nachtdienst juist tijdens deze werkzaamheden extra aandacht moet besteden aan de balans tussen de kosten en baten voor het nemen van de juiste beslissingen. Neem ter illustratie het voorbeeld van een chirurg die meerdere operaties achter elkaar moet doen tijdens een dienst. De traditionele aanpak is hier om de tijd tussen de operaties of het aantal operaties achter elkaar vast te stellen. Ervan uitgaande dat de chirurg goed uitgerust is, kunnen we echter aannemen dat de kosten en baten tijdens het opereren goed in balans zijn. Er staat namelijk heel wat op het spel en de kans is groot dat het opereren de activiteit is waarvoor de chirurg dit type werk is gaan doen (en er dus een goede basismotivatie voor heeft). Daardoor zijn fouten

die tijdens een operatie te wijten zijn aan vermoeidheid bij de chirurg ook relatief zeldzaam. Echter, de voorbereidingswerkzaamheden en bergen administratieve taken die ook op de chirurg liggen te wachten zijn misschien niet de werkzaamheden waar de chirurg het meeste plezier uit haalt. Als je dan kijkt naar kosten en baten die leiden tot een bepaald niveau van taakbetrokkenheid, dan zou je verwachten dat fouten die het gevolg zijn van verminderde alertheid en vermoeidheid vooral optreden tijdens dit soort werkzaamheden. En deze zijn daardoor niet noodzakelijk minder catastrofaal (denk aan een te hoge dosering van een bepaalde medicatie als gevolg van foutieve notatie).

Dit voorbeeld geeft wel aan dat we, zeker bij hoogrisicogroepen zoals mensen die 's nachts en/of in ploegendiensten werken, veel meer aandacht moeten richten op interventies die op maat zijn gemaakt op de kenmerken van de werkomgeving en de voorkeuren van de individuele werknemers. Deze interventies moeten we vervolgens aanbieden op de momenten dat ze het hardst nodig zijn, in plaats van op basis van gewoonte. Op dit moment zetten we bij TNO de eerste stappen om samen met organisaties uit verschillende sectoren te onderzoeken hoe we dit tijdens de nacht het beste vorm kunnen geven.

## Referenties

- Aston-Jones, G., & Cohen, J.D. (2005). An integrative theory of locus coeruleus-norepinephrine function: adaptive gain and optimal performance. *Annual Review of Neuroscience*, 28, 403-50.
- Baumeister, R.F., Bratslavsky, E., Muraven, M., & Tice, D.M. (1998). Ego depletion: is the active self a limited resource? *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(5), 1252-65.
- Boksem, M., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: costs and benefits. *Brain Research Reviews*, 59(1), 125-39.
- Gilzenrat, M.S., Nieuwenhuis, S., Jepma, M., & Cohen, J.D. (2010). Pupil diameter tracks changes in control state predicted by the adaptive gain theory of locus coeruleus function. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 10(2), 252-69.
- Hopstaken, J.F., van der Linden, D., Bakker, A.B., & Kompier, M.A.J. (2015). The window of my eyes: Task disengagement and mental fatigue covary with pupil dynamics. *Biological Psychology*, 110, 100-106.
- Van der Linden, D., Frese, M., & Meijman, T.F. (2003). Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning. *Acta Psychologica*, 113(1), 45-65.

---

## Over de auteur



Dr. J.F. Hopstaken  
onderzoeker werk, gezondheid en  
technologie  
Work, health and technology  
TNO Leiden  
jesper.hopstaken@tno.nl