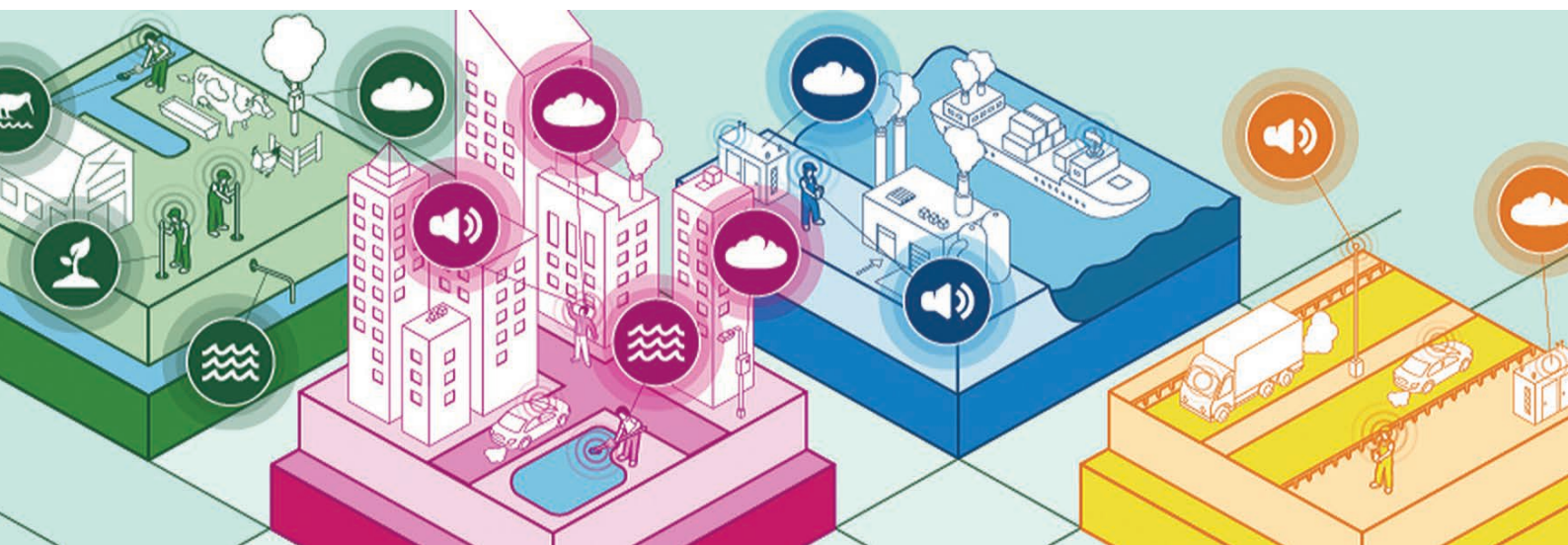


Smart industrial safety and worker health: wearables in the workplace

Onze leef- en werkomgeving heeft invloed op onze gezondheid, maar het nauwkeurig bepalen van persoonlijke blootstelling aan verschillende milieufactoren blijft een uitdaging. Toch is dit wel van belang, omdat bijvoorbeeld de blootstelling aan fijnstof, stikstofdioxide en ozon jaarlijks al leidt tot 12.000 vroegtijdige sterfgevallen in Nederland (Gezondheidsraad, 2018). In werkomgevingen zijn er behalve voor de genoemde stoffen ook nog andere vluchtig organische stoffen en chemicalen waarvan de blootstelling op de korte of lange termijn tot negatieve gezondheidseffecten kan leiden. Ook fysische blootstellingen kunnen negatieve gezondheidseffecten hebben, zoals geluid, UV-straling, elektromagnetische velden en trillingen.

John F.B. Bolte



Hoewel er doorgaans wel gemeten en gemodelleerd wordt wat de blootstellingsintensiteit in een bepaald gebied of productiefaciliteit is, zijn dit vaak stationaire metingen op een bepaalde plek, soms aangevuld met mobiele, precieze instrumenten om te controleren of de wettelijke normen voor blootstelling niet worden overschreden. De huidige metingen van UV en fijnstof, bijvoorbeeld, vinden plaats op vaste locaties met de zonkrachtmetingen door een enkel, nauwkeurig instrument in Bilthoven en met het landelijk meetnet luchtkwaliteit¹ met rond de 70 vaste meetpunten.

1 Landelijk Meetnet Lucht RIVM <https://www.luchtmeetnet.nl/kaart>.

Deze meetinstrumenten zijn doorgaans kostbaar en precies, en geven de informatie op een ruimtelijk wijd grid. Al is dit grid de afgelopen jaren iets verdicht door de opkomst van low-cost, relatief onnauwkeurige sensoren die in diverse citizen science-projecten, waarbij mensen de metingen van hun eigen fijnstof of geluidssensoren uploaden, worden ingezet (www.samenmeten.nl). En hoewel er ook binnen locaties diverse netwerken met stationaire sensoren zijn, zijn er veel micro-omgevingen en typische activiteiten met hogere piekblootstellingen (bijvoorbeeld boren en lassen) en is het voor het bepalen van persoonlijke blootstellingen wenselijk om continu metingen op het lichaam te doen.

Laag-geprijsde, lichte sensoren die continu op het lichaam worden gedragen, zogenoemde wearables, geven de mogelijkheid om een gedetailleerd inzicht in ruimte en tijd over de blootstelling van werknemers te krijgen. Hoewel metingen met wearables vanwege hun relatief hoge onnauwkeurigheid nog niet bruikbaar zijn om de wettelijke limieten te toetsen (Goede et al., 2018; Kuijpers et al., 2018), leveren ze zeker een bijdrage aan werkprotocolverbetering, het opsporen van hoge blootstellingsituaties in plaats en tijd en vroegtijdige waarschuwingssystemen (Bolte et al., 2018; Bolte, 2019).

Als de wearables onnauwkeurig zijn maar wel consistent dezelfde trend bij dezelfde blootstelling meten, zijn ze toch bruikbaar om persoonlijk gedragsadvies te geven. Een associatiemodel kan worden bepaald door deze blootstellingsmetingen te correleren met tijdsreeksen van zelfgerapporteerde gezondheidseffecten (Bogers et al., 2018; Bolte et al., 2019), of zelfs met gelijktijdig objectief gemeten lichaamsparameters, zoals hartslag, ademhalingsfrequentie, oximetrie, huidgeleidbaarheid en beweging (Aliverti, 2017). De volgende stap is om met behulp van machine-learning-technieken dergelijke metingen te gebruiken in persoonlijke predictiemodellen zodat er automatisch persoonlijk alarm en gedragsadvies bij kenmerkende patronen in metingen van blootstelling of lichaamsparameters gegeven kunnen worden.

Hoewel dergelijke predictiemethodes veelbelovend zijn en al algemeen gebruikt worden in sporten als schaatsen en fietsen (zie onder meer: Stetter et al., 2019), zijn er nog ontwikkelingen nodig om wearables in arbeidssituaties in te kunnen zetten. Hierbij zijn naast eisen aan de sensoren, zoals consistente metingen, robuustheid en gevoeligheid, ook de draagbaarheid en het draaggemak zaken die verdere ontwikkeling en protocollen vereisen. Daarnaast is het van belang de privacy-vraagstukken te bekijken, zoals wat de werkgever van een individuele werknemers gezondheid en gedrag mag weten, wie er voor welk tijdvak en waarom toegang tot de data mag hebben, en waar die data voor mag worden ingezet.

Referenties

Aliverti, A. (2017). Wearable technology: role in respiratory health and disease. *Breathe*, 13, e27-e36; <http://doi.org/10.1183/20734735.008417>.

Bogers, R.P., Van Gils, A., Clahsen, S.C.S., Vercrujssse, W., Van Kamp, I., Baliatsas, C., Rosmalen, J.G.M., Bolte, J.F.B. (2018). Individual variation in temporal relationships between exposure to radiofrequency electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: A new approach in studying 'electrosensitivity'. *Environment International*, 121, 297-307; <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.064>.

Bolte, J.F.B. (2019). *Gezonder werken met slimme systemen: Meten op maat* [Work healthier with smart systems: Tailor-made measurement(s)]. Veiligheidscongres 2019: 2025 – Wat ga ik

anders doen? Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde (NVVK), 13-14 maart 2019, Arnhem; <https://www.nvvkveiligheidscongres.nl/stream/plenairbolte-hhs-sensoren-meten-op-maat.pdf>).

Bolte, J.F.B., Clahsen, S., Vercrujssse, W., Houtveen, J.H., Schipper, M.A., Van Kamp, I., Bogers, R. (2019). Ecological momentary assessment study of exposure to radiofrequency electromagnetic fields and non-specific physical symptoms with self-declared electrosensitives. *Environment International*, 131(10 pages); <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104948>.

Bolte, J., Cserbik, D., Gast, L., Haaïma, M., Kuijpers, E., Pronk, A., Den Outer, P., Palmen, N., Van Putten, E., Schaddelee, B., Stege, T., Vonk, J. (2018). *Meten op de Werkplek – Wearables en werkers*. NVvA Symposium 11-12 April 2018, Woudenberg, The Netherlands. (Session N: De opkomst van sensortechnologie; een doorbraak in de arbeidshygiëne? oral N2, 12 April 2018; <https://www.arbeidshygiene.nl/-uploads/files/insite/sessie-n-bolte-john-meten-op-de-werkplek.pdf>).

Gezondheidsraad (2018). *Gezondheidswinst door schonere lucht*. Den Haag: Gezondheidsraad, 2018; publicatienr. 2018/01. Gedownload 10 september 2020 op: <https://www.gezondheidsraad.nl/binaries/gezondheidsraad/documenten/adviezen/2018/01/23/gezondheidswinst-door-schonere-lucht/Gezondheidswinst+door+schonere+lucht+pro.pdf>.

Goede, H., et al. (2018), *Current status and future opportunities for personalized exposure measurements in workers using sensor technology*, Nieuwsbrief van de Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne:4e nummer van de nieuwsbrief met thema 'Quantified Self'.

Kuijpers, E., Cserbik, D., Vonk, J., Pronk, A., Bolte, J. (2018). *Applying Low-Cost Sensors for Personal Particulate Matter and Noise Exposure Assessment*. ISES-ISEE 2018, Joint Meeting of International Society of Exposure Sciences and International Society for Environmental Epidemiology, August 26-30, 2018, Ottawa, Canada. (P03.0690).

Stetter, B.J., Ringhof, S., Krafft, F.C., Sell, S., Stein, T. (2019). Estimation of Knee Joint Forces in Sport Movements Using Wearable Sensors and Machine Learning. *Sensors*, 19 (17), 3690; <https://doi.org/10.3390/s19173690>.

Over de auteur



Dr. J.F.B. Bolte
Lector Smart Sensor Systems aan de
De Haagse Hogeschool, Den Haag,
en Senior onderzoeker innovatieve
monitoring bij RIVM, Delft
J.F.B.Bolte@hhs.nl