



Vlaanderen
is kwaliteitsvolle
omgeving



OMGEVING EN GEZONDHEID IN VLAANDEREN:

Inzichten en uitdagingen
van twintig jaar meten in de mens.

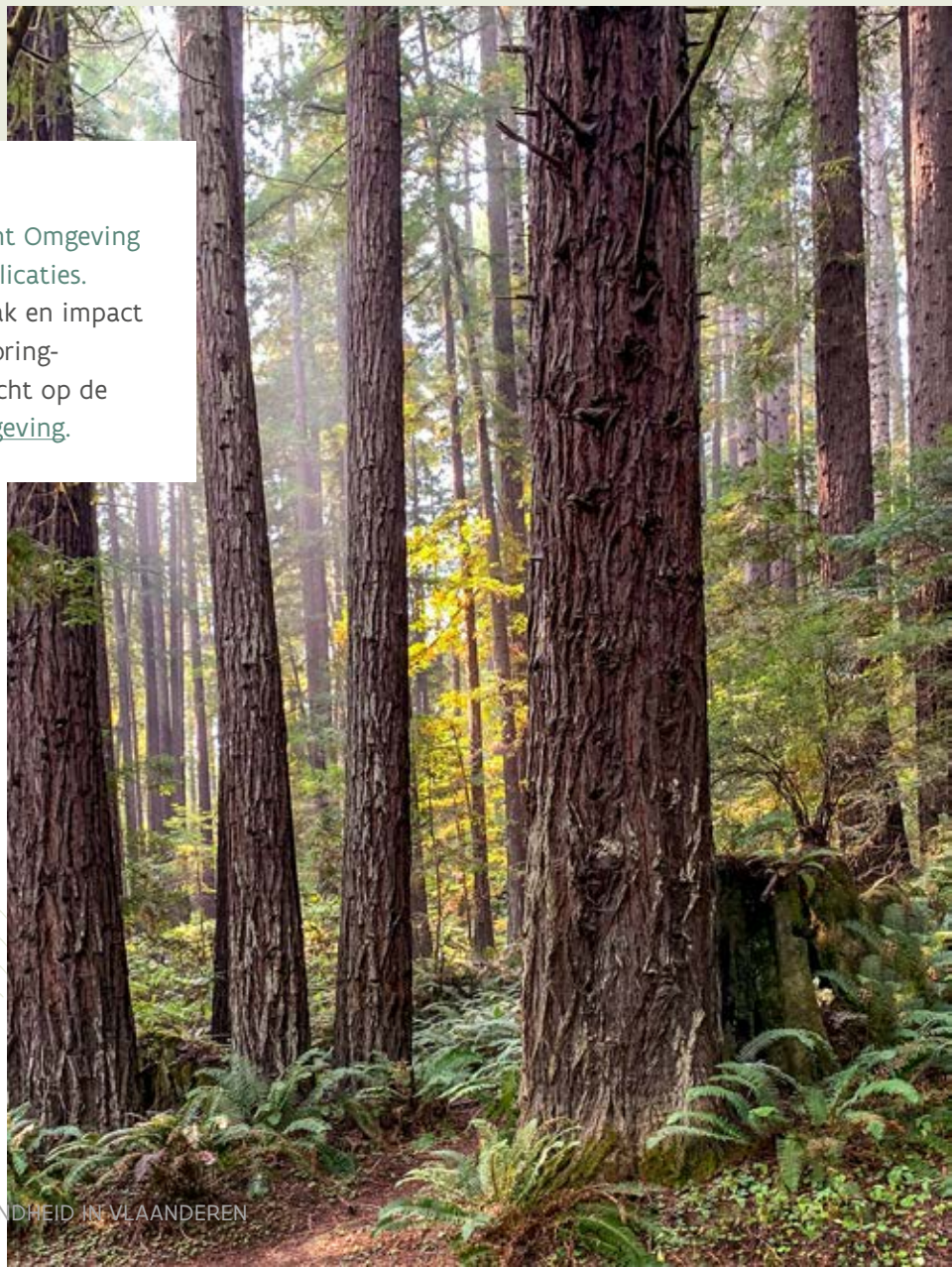
Kernboodschappen

- ▶ De blootstelling van de mens aan zorgwekkende stoffen zoals lood is de voorbije twintig jaar gedaald in Vlaanderen. Voor arseen of bepaalde insecticiden stagneert de blootstelling.
- ▶ Bij een deel van de Vlaamse bevolking overschrijden de gehalten van een aantal metalen, pesticiden en PFAS de veilige grens voor blootstelling.
- ▶ Hoe lager de blootstelling, hoe kleiner het risico op nadelige gezondheidseffecten. In 2050 moet het risico door zorgwekkende stoffen aanvaardbaar zijn voor mens en omgeving.
- ▶ Blootstelling varieert van plek tot plek, maar ook van persoon tot persoon. In de helft van de gemeten stofgroepen houdt blootstelling verband met opleiding of inkomen.
- ▶ Humane biomonitoring of meten in de mens is noodzakelijk om het beleid rond zorgwekkende stoffen te kunnen onderbouwen en bij te sturen.

Naast onze genen bepalen omgevingsfactoren in belangrijke mate hoe gezond we zijn. We worden dagelijks blootgesteld aan stressoren in onze leefomgeving. Vervuilende stoffen of geluidshinder kunnen bijvoorbeeld schade aanrichten in ons lichaam en ons ziek maken. Maar evengoed kan een omgeving gezondheidsvoordelen bieden, zoals een verkoelende groene ruimte. Humane biomonitoring – of meten in de mens – onderzoekt hoe en in welke mate omgevingsfactoren de gezondheid beïnvloeden. De resultaten informeren beleidsmakers om preventief te kunnen ingrijpen. Deze briefing geeft inzicht in de belangrijkste resultaten van twintig jaar meten in de mens in Vlaanderen.

MEER WETEN?

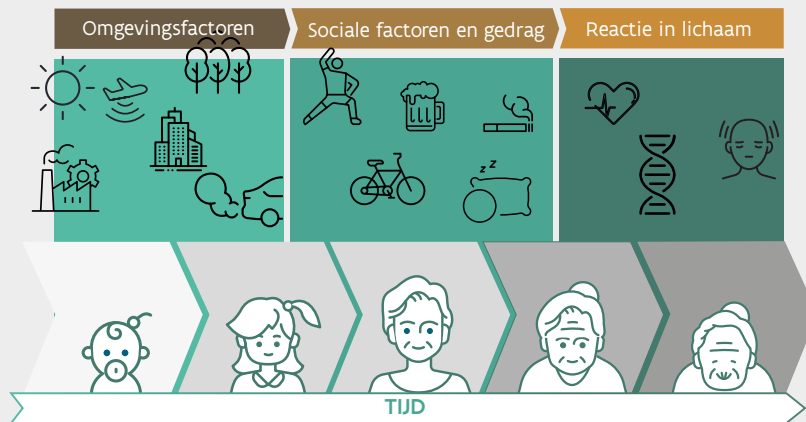
Raadpleeg de website op [Steunpunt Omgeving en Gezondheid | Rapporten en publicaties](#). De belangrijkste evoluties in aanpak en impact van het Vlaams humane-biomonitoring-programma worden in kaart gebracht op de website van het [Departement Omgeving](#).



HUMANE BIOMONITORING

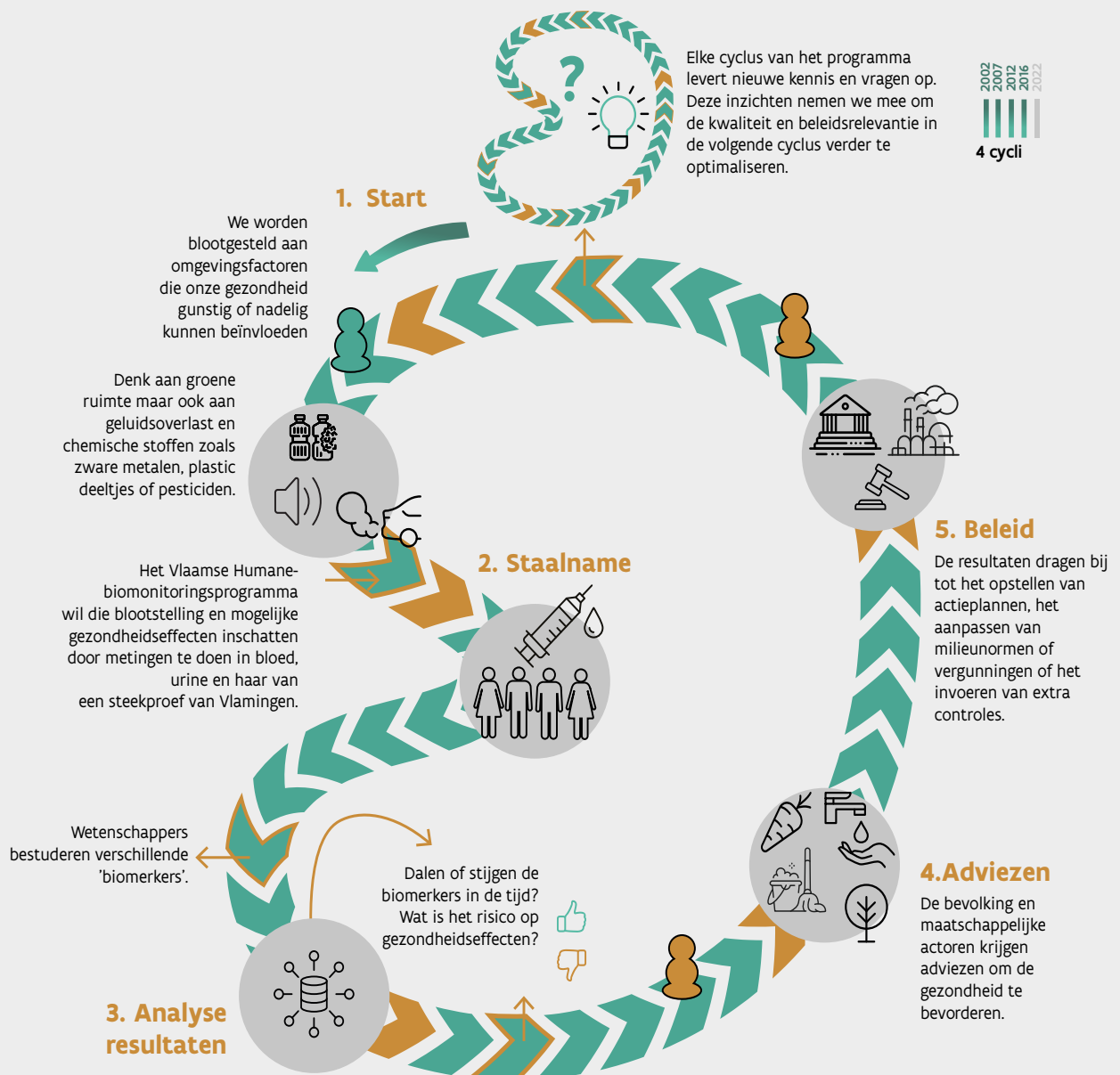
Onze omgeving heeft een invloed op onze gezondheid

Tijdens ons leven beïnvloeden diverse factoren de kans om ziek te worden. Zowel onze ruime omgeving als ons gedrag kunnen gunstige of nadelige reacties in ons lichaam veroorzaken.



Hoe meten we deze impact op de mens en wat doen we daarmee?

Humane biomonitoring meet stoffen in de mens en koppelt die aan lichamelijke reacties. Vier opeenvolgende meetcycli zijn inmiddels afgerond: elke cyclus bouwt voort op de vorige.





Wat is humane biomonitoring?

Om te begrijpen hoe de omgeving onze gezondheid beïnvloedt, moeten we weten welke rol die omgevingsfactoren spelen in het ontstaan van (vroeg signalen voor) ziektes. Humane BioMonitoring (HBM) – letterlijk ‘meten in de mens’ – is zeer geschikt om die link te leggen. Het onderzoekt de interne blootstelling aan stoffen (biomerkers van blootstelling) en hun effecten in het lichaam (biomerkers van effect) aan de hand van metingen in menselijk bloed, urine of haar. Het Steunpunt Omgeving en Gezondheid, een wetenschappelijk multidisciplinair consortium, doet al sinds 2002 aan humane biomonitoring in Vlaanderen. Het werd opgericht in een periode waarin milieugezondheid hoog op de publieke agenda stond, onder andere door de dioxinecrisis eind jaren '90. Tijdens vijf opeenvolgende cycli*, of Vlaamse humane-biomonitoringprogramma's (VHBP's), worden verschillende biomerkers bij Vlaamse inwoners gemeten. Via vragenlijsten wordt gepeild naar omgevingsfactoren zoals voedings- en verplaatsingsgedrag, opleidingsniveau of gebruik van (huishoud)producten. Momenteel loopt de vijfde cyclus (2022-2027): de resultaten hiervan zijn nog niet publiek beschikbaar.

Het exposoom in kaart brengen

De aandacht voor het exposoom – of de omgevingsfactoren waaraan we tijdens ons leven worden blootgesteld – groeit. Denk aan factoren zoals de kwaliteit

van de lucht, de woonomgeving of de sociale context waarin je opgroeit. Het aantal stoffen en stressoren waarmee we in contact komen is de laatste twee decennia sterk toegenomen. Veel stoffen hebben nuttige toepassingen die niet meer weg te denken zijn uit ons leven. Sommigen zijn echter op korte of langere termijn potentieel schadelijk. Een voorbeeld van een stofgroep waar het aantal chemische verbindingen enorm is toegenomen zijn de hormoonverstoorders. Dit is een diverse groep van stoffen die voorkomen in huishoudelijke producten, cosmetica en (plastic) verpakkingen. Op basis van humane-biomonitoringsresultaten kon berekend worden dat een Vlaming gemiddeld negen maand minder lang gezond leeft door blootstelling aan gemeten niveaus van [hormoonverstoorders](#).

Biomonitoring kan voor elke deelnemer zijn of haar exposoom zo goed mogelijk in kaart brengen en linken aan (vroegtijdige) gezondheidseffecten van (toekomstige) blootstelling. Gedurende twintig jaar evolueerden de verschillende meetcycli mee met wetenschappelijke inzichten, technologie en kennis rond het voorkomen en de blootstelling aan opkomende potentieel schadelijke stoffen en omgevingsfactoren (zie ook Figuur 1 van het Vlaams humane-biomonitoringprogramma).

* Deze vijf cycli gingen over de volgende periodes: cyclus 1 (2002-2006), cyclus 2 (2007-2011), cyclus 3 (2012-2015), cyclus 4 (2016-2020) en cyclus 5 (2022-2027).

DNA van het Vlaams humane-biomonitoringprogramma

Het Vlaams humane-biomonitoringprogramma stoelt op een aantal basisprincipes die nodig zijn om gedurende 20 jaar wetenschappelijk én beleidsmatig relevant te blijven. Die principes kunnen opgevat worden als de vier bouwstenen van een DNA-molecule (Figuur 1), namelijk:

Aandacht voor de deelnemers

Zonder deelnemers geen Vlaams humane-biomonitoringprogramma's. Hun betrokkenheid komt op de eerste plaats en wordt verhoogd door uitleg op maat. Deelnemers krijgen steeds als eerste hun resultaten te zien, vergezeld van persoonlijk advies en tips om blootstelling te verminderen. Meten in de mens maakt vervuiling persoonlijk en zorgt voor draagvlak voor preventieve maatregelen.

Continu verbeteren

De wetenschappelijke en maatschappelijke context stond de laatste twee decennia niet stil. Zowel op vlak van analysemethoden, het openbaar en FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) maken van data en wetenschapscommunicatie zijn sprongen gemaakt. De verschuiving naar een bredere 'One Health'-exposoomaanpak vergt ook innovatieve technieken om stalen te nemen en om steeds lagere dosissen van vaak onbekende stoffen te meten.

Gezamenlijke inspanning

Het Vlaams humane-biomonitoringprogramma is niet alleen een multidisciplinaire samenwerking tussen onderzoekers, beleidsoverschrijdende experts en actoren op Vlaams niveau, het is ook nauw verweven in een Europees netwerk van humane-biomonitoringprogramma's. Die samenwerking versterkt alle partijen. Vlaamse inzichten en studies wegen op het Europese beleid en dragen bij aan harmonisatie en omgekeerd vloeit er knowhow terug naar Vlaanderen. De vierde en vijfde meetcycli zijn gelinkt met Europese onderzoeksprogramma's ([HBM4EU](#), [PARC](#)).

Toegevoegde waarde

De resultaten van de verschillende cycli moeten verder gaan dan toonaangevende wetenschappelijke publicaties. Ze moeten onderbouwing bieden voor het beleid en ook betekenisvol zijn voor de brede maatschappij. Er wordt daarom steeds vertrokken vanuit concrete beleidsbehoeften en gekeken hoe die via humane biomonitoring ingevuld kunnen worden. Het meetprogramma is ingebed als beleidsinstrument in zowel de beleidsnota's van de departementen Zorg en Omgeving en heeft dus politieke steun. Deze aanpak heeft de laatste twee decennia geleid tot beleidsmaatregelen die er zonder humane biomonitoring niet (zo snel) zouden gekomen zijn.



FIGUUR 1

Voorstelling van de vier basisprincipes van het Vlaams humane-biomonitoringprogramma, geïnspireerd op de vier componenten van DNA namelijk Adenine, Thymine, Guanine en Cytosine (zie tekst voor uitleg).



2.

Tijdstrends in blootstelling tonen verschillende evoluties

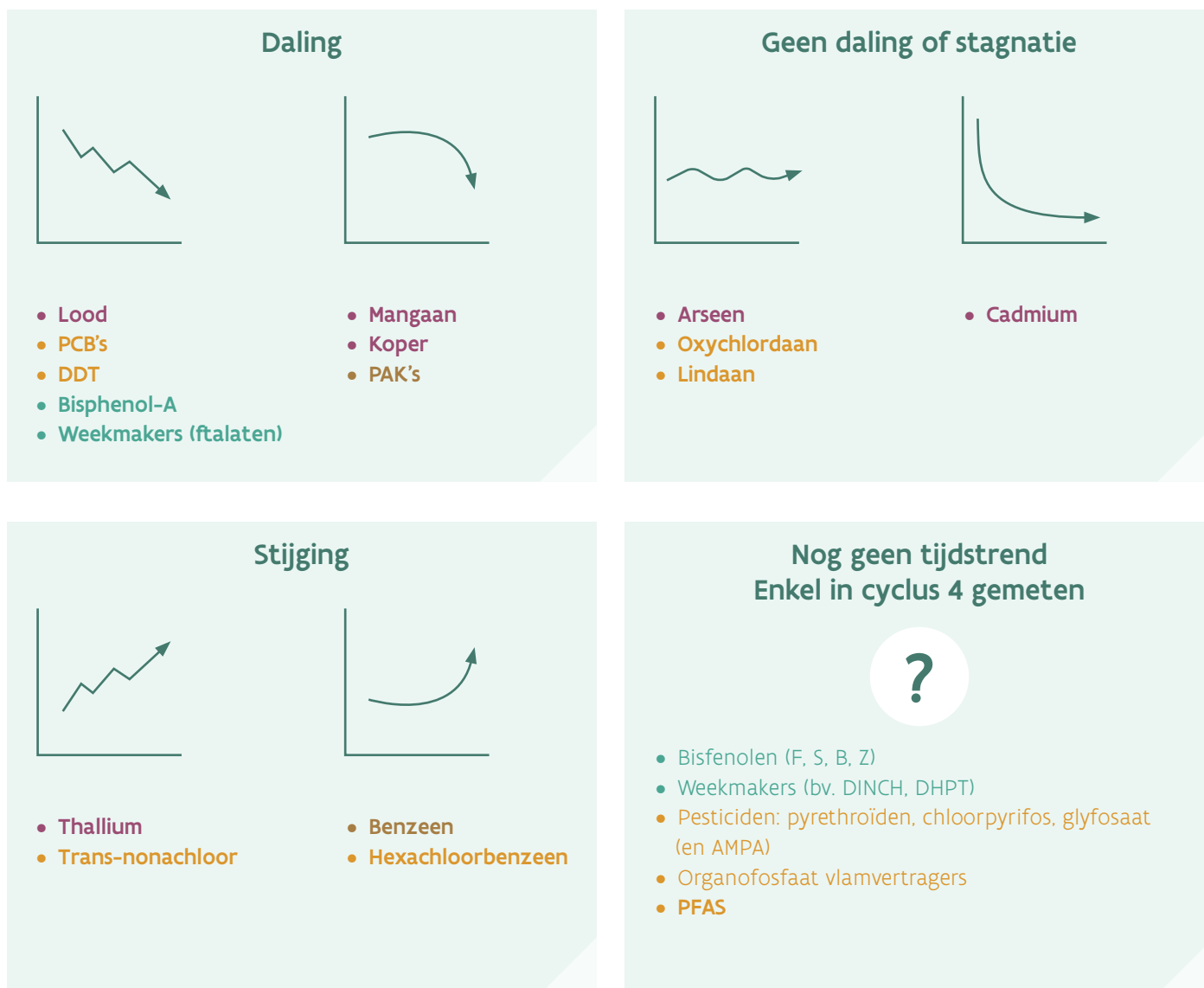
Door de meetresultaten van de eerste vier Vlaamse humane-biomonitoringscycli te vergelijken, kunnen we de veranderingen in de 'gemiddelde' blootstelling aan stressoren bij Vlaamse inwoners onderzoeken. Deze resultaten maken het mogelijk om vergelijkingen te maken met internationale studies, richtlijnen en gezondheidsnormen. De absolute concentratie van een pollutant zegt op zichzelf echter weinig over het actuele gezondheidsrisico, al geldt in principe hoe lager de blootstelling, hoe kleiner het risico op nadelige gezondheidseffecten. De risico inschatting aan de hand van toetsingswaarden komt aan bod in Hoofdstuk 3. Figuur 2 vat de voornaamste resultaten samen.

Dalende blootstelling onder invloed van beleidsmaatregelen

Voor heel wat vervuilende stoffen is blootstelling in de mens aanzienlijk afgenomen sinds de eerste meetcyclus (2002-2006) (Figuur 2). Vaak gaat dit om stoffen waarvan de ecologische impact en gezondheidseffecten relatief goed gekend zijn en waarvan het gebruik door regulering verboden of sterk teruggedrongen is. Zo heeft het verbod op lood als antiklop middel in

benzine en het vervangen van loodhoudende waterleidingen bijgedragen aan de daling in loodblootstelling in Vlaamse inwoners. Ook blootstelling aan het geregleerde insecticide DDT en bepaalde persistente organische stoffen zoals PCB's is sterk verminderd. Voor PCB's is de blootstelling in vijftien jaar tijd met een derde afgenomen.² Vóór het verbod op de verwerking en productie van PCB's in de jaren '80 waren deze stoffen alomtegenwoordig. De bekendste toepassing is wellicht hun gebruik als koelvloeistof.

Recentere wetgeving die het gebruik van plastic componenten zoals sommige weekmakers (ftalaten) en bisfenolen beperkt, heeft geleid tot dalingen van deze stoffen in het menselijk lichaam.² Striktere regulering van het gebruik van bisfenol A vanaf 2011 zorgde bijvoorbeeld mee voor een bijna halvering van de gemeten urineconcentraties in de vierde cyclus in vergelijking met de derde. Bisfenol A is een chemische stof die vooral gebruikt wordt om harde plastics en epoxyharsen te maken. Het kan onder meer de hormoonhuishouding verstoren.



Verkeer- en verbrandingsproducten

Metalen en spoorelementen

Persistente stoffen (PCB's, gebromeerde vlamvertragers, PFAS en oude pesticiden) / minder persistente vervangende stoffen

Gereguleerde plastic componenten / alternatieve plastic componenten

FIGUUR 2 Overzicht van evoluties in blootstellingsmerkers van omgevingspolluenten gemeten in jongeren van het vierde Vlaams humane-biomonitoringprogramma ten opzichte van vorige cycli (we spreken enkel van een daling of stijging als deze statistisch significant was; op basis van Schoeters et al. 2022). De voorstelling gebeurt zonder exacte cijfers aangezien de stoffen in verschillende eenheden worden gemeten. Niet alle merkers zijn in elke cyclus gemeten.

Stagnering of stijging door nieuwe toepassing of persistentie

Bij andere milieuvervuilende stoffen zien we een stagnering van de interne blootstellingsconcentratie, of zelfs een stijging in de tijd. De interne blootstelling aan toxische afbraakproducten van arseen blijft bijvoorbeeld gelijk in de tijd. Ook de daling van cadmium in bloed tussen de eerste (2002-2006) en tweede meetcyclus (2007-2011) is sinds dan gestagneerd.

Deze resultaten vergen extra aandacht gezien de kankerwekkende eigenschappen van deze metalen. Naast blootstelling door natuurlijke aanwezigheid in de bodem van bepaalde regio's zoals de Kempen (zie Hoofdstuk 4), worden beide stoffen nog gebruikt in verschillende industriële toepassingen: cadmium onder meer voor de productie van batterijen, arseen

als een behandelingsmiddel tegen houtrot. Zowel cadmium als arseen komen ook in het lichaam terecht via voeding (bv. consumptie van rijst en vis), het drinkwater en het inademen van stofdeeltjes en (tabaks)rook.

Sommige afbraakproducten van chlordan, een oud en persistent insecticide, nemen niet af (bijvoorbeeld oxychlordan) of stijgen zelfs (zoals trans-nonachloor). Hoewel de productie en het gebruik van chlordan in België sinds 1988 verboden is, is deze stof nog steeds aanwezig in het milieu en worden mensen voornamelijk via (dierlijk) voedsel blootgesteld. Ook het thalliumgehalte in urine neemt toe, een trend die ook in andere landen zichtbaar is. Thallium is een metaal dat steeds vaker gebruikt wordt voor elektronische en draadloze toepassingen. Het komt voornamelijk via groenten en fruit van eigen kweek in het lichaam. Een laatste voorbeeld van een stijgende evolutie betreft de vluchtige organische stof benzeen. De resultaten van de vierde cyclus tonen terug een stijging van het benzeengehalte in urine.² Dit ligt in lijn met een toename van benzeen in de lucht tussen 2016 en 2018. Benzeen komt vooral in het lichaam terecht door inademing. Het is geassocieerd met verkeer en industrie, maar het komt ook vrij bij

roken en het gebruik van verf, bepaalde lijmen, oplosmiddelen en detergente binnenshuis. Het is wachten op de resultaten van de vijfde cyclus om te kijken hoe de blootstelling aan deze stoffen verder evolueert.

Groeiende aandacht voor vervangstoffen en nieuwe polluenten

Onder invloed van wetgeving en innovaties in materialen zijn bedrijven en sectoren continu op zoek naar nieuwe chemische stoffen en toepassingen. In veel stalen vinden we daarom vervangers van inmiddels gereguleerde vervuilende stoffen terug. Die alternatieve stoffen vinden we terug in heel wat stofgroepen, zoals plastic componenten (weekmakers en bisfenolen), vlamvertragers, pesticiden en perfluorverbindingen, ook gekend als PFAS. Het gereguleerde bisfenol A wordt nu bijvoorbeeld vervangen door nieuwe bisfenolen. De toxiciteit van deze alternatieven is echter nog niet goed gekarakteriseerd. Deze vervangstoffen werden in de vierde cyclus gemeten en aangetroffen in meer dan de helft van de jongeren.³ Om gezondheidsrisico's in de toekomst te beperken is verdere opvolging van de blootstellingsniveaus en extra onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten nodig.





3.

Gezondheidsrisico's inschatten

Toetsingswaarden als veiligheidsdrempel

Om onze leefomgeving gezond te houden, is kennis nodig over welke niveaus van blootstelling veilig zijn en voor wie. Voor alle stressoren geldt sowieso: hoe lager de interne blootstelling, hoe beter. Een manier om gezondheidsrisico's in te schatten is door blootstelling te vergelijken met gezondheidskundige toetsingswaarden (GTW's)*. Dat zijn concentraties waaronder volgens de huidige kennis geen nadelige gezondheidseffecten worden verwacht. Regelgevende instanties stellen die toetsingswaarden bij naargelang wetenschappelijke inzichten veranderen.⁴

Binnen de eerste vier Vlaamse humane-biomonitoringscycli zijn afspraken gemaakt over welke

toetsingswaarden gehanteerd worden om de blootstellingswaarden te beoordelen. Dit gebeurt multidisciplinair en binnen een Europees samenwerkingsverband. Voor ongeveer één op zes van de gemeten biomerkers in de vierde cyclus waren GTW's beschikbaar op het moment van beoordeling (Figuur 3). Voor de meeste biomerkers was er geen overschrijding of was die beperkt tot een aantal deelnemers. Hoewel bijvoorbeeld de blootstelling aan thallium in de vierde cyclus toeneemt (Figuur 2), overschrijdt geen enkele deelnemer de op dit moment geldende GTW. Ongeveer 10 tot 40% van de deelnemers vertoont een overschrijding voor arseen, cadmium, lood, pyrethroïde pesticiden of PFOS**.

* We gebruiken de afkorting GTW om zowel een gezondheid gebaseerde advieswaarde of een toetsingswaarde aan te duiden.

** PFOS -of perfluorooctaansulfonaat- is een soort PFAS die in België door de fabriek 3M geproduceerd werd van 1976 tot 2002. Sinds 2008 is PFOS in veel producten verboden.

139 gemeten biomerkers van blootstelling in cyclus 4

20 merkers met veiligheidsdrempel



119 merkers zonder veiligheidsdrempel



Verkeer- en verbrandingsproducten

Metalen en spoorelementen

Persistente stoffen (PCB's, gebromeerde vlamvertragers, PFAS en oude pesticiden) / minder persistente vervangende stoffen

Gereguleerde plastic componenten / alternatieve plastic componenten

GTW = Gezondheidskundige ToetsWaarde

FIGUUR 3 Het percentage van de deelnemende Vlamingen dat de gezondheidskundige toetsings- of advieswaarde (GTW) overschreed in het vierde Vlaams humane-biomonitoringprogramma (gehanteerde GTW's²).

Vijf op zes gemeten stoffen hebben (nog) geen veiligheidsdrempel

De meeste stoffen hebben geen gekende veilige grens, omdat voldoende wetenschappelijk bewijs voor het optreden van gezondheidseffecten nog vaak ontbreekt (Figuur 3). Dat is het geval voor verschillende vervangstoffen van gereguleerde stofgroepen. Zo zijn organofosfaat vlamvertragers op de markt gekomen na het verbod op de gebromeerde variant. Daarnaast is er voor stoffen die kankerverwekkend zijn geen veilige drempelwaarde omdat zelfs zeer lage blootstelling eraan al nadelig kan zijn. Stoffen die geassocieerd worden met kanker zijn bijvoorbeeld de vluchtige organische stofbenzeen, de onkruidverdelger glyfosaat of polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). PAK's zijn een groep van organische stoffen die vrijkomen door onvolledige verbranding. Ze komen bijvoorbeeld vrij bij het aanbranden van eten, het stoken van houtkachels of het roken van sigaretten.

Gezondheidseffecten in deelnemers opvolgen

In de verschillende humane-biomonitoringcycli wordt blootstelling aan omgevingsfactoren gekoppeld aan effectmarkers. Hoewel de huidige blootstellingsniveaus bij Vlaamse inwoners vaak onder de veiligheidsdrempel (GTW) liggen, worden er bij de deelnemers significante verbanden gevonden tussen blootstelling, vroegtijdige biologische veranderingen en gezondheidseffecten zoals astma en allergieën. Deze veranderingen kunnen wijzen op ongunstige invloeden op cellulaire veroudering, het zenuwstelsel, de immuunrespons, de hormoonhuishouding, de stofwisseling en het hart- en vaatstelsel.³ Onderzoek naar die (vroeg) effecten is essentieel om de risico's van blootstelling in te schatten en om preventieve maatregelen te nemen voordat er gezondheidsschade optreedt. De onderzoeksresultaten worden gebruikt voor de wetenschappelijke onderbouwing en het actualiseren van GTW's.⁴





4.

Blootstelling niet overal en voor iedereen dezelfde

Al in de eerste Vlaamse humane-biomonitoringscyclus bleek dat interne blootstelling en effecten van schadelijke stoffen variëren afhankelijk van waar iemand woont. Plekken waar een andere (hoge) milieudruk wordt verwacht, zoals havens, industriële gebieden, stedelijke omgevingen, regio's met fruitteelt... hebben een andere blauwdruk in de mens. De kwaliteit van de leefomgeving kan daarnaast lokaal sterk verschillen. Een typisch voorbeeld is het verschil in blootstelling aan verkeer gerelateerde luchtvervuiling tussen brede, goed geventileerde straten en streetcanyons, smalle straten met hoge gebouwen waardoor vervuiling blijft hangen.

Voor sommige stoffen, zoals zware metalen en bepaalde pesticiden, heeft de woonplaats van de moeder tijdens de zwangerschap al een invloed op de mate van blootstelling.⁵ De regio van de Noorderkempen bijvoorbeeld bevat van nature (arsen) of door historische vervuiling door zinksmelters (cadmium) hogere gehalten van deze stoffen. In deze streken kunnen hogere

concentraties terechtkomen in het drinkwater en zich in de voedselketen opstapelen, waarna ze van de moeder aan de foetus doorgegeven worden. Blootstelling aan die vermelde metalen is ook niet voor elke leeftijdsgroep dezelfde: peuters zijn meer blootgesteld omdat ze op de grond spelen en meer hand-mondgedrag vertonen dan andere leeftijdsgroepen.

Stedelijke en landelijke gebieden hebben een verschillende blauwdruk

Omdat we (beleidsmatig) compacter in kernen en in steden gaan wonen, is het relevant om te kijken of deze ruimtelijke typologieën ook verschillen in blootstelling en in daaraan gerelateerde gezondheidseffecten. Het Ruimterapport toonde aan dat, hoewel de externe blootstelling verschilt in landelijke en stedelijke omgevingen, dit in de meeste gevallen niet weerspiegeld wordt in de interne blootstelling van deelnemers.⁶ Voor een aantal stoffen werden wel significante associaties gevonden. Bewoners van landelijke

gebieden toonden bijvoorbeeld gemiddeld een hogere interne concentratie van PFOS². Meer landbouwgebruik rondom de woning was geassocieerd met gemiddeld hogere niveaus van AMPA in de urine.⁷ AMPA is een afbraakproduct van het herbicide glyfosaat. Bewoners van stedelijke gebieden hadden dan weer gemiddeld hogere waarden van de verkeer gerelateerde benzeen- en PAK-metabolieten.²

De milderende werking van groen

De aanwezigheid van groen heeft een gunstig effect op de gemeten concentraties van bepaalde vervuilende stoffen in de deelnemers. Zo wordt er bijvoorbeeld een verband gevonden met lood in bloed: hoe meer groen in de buurt, hoe lager de concentraties.⁶ Zowel de aanwezigheid als de toegang tot groen hebben een gunstig effect op de interne blootstelling aan verkeer gerelateerde polluenten zoals PAK's en benzeen, en zijn geassocieerd met een verhoogde aandacht en minder celveroudering.⁸ Naast milderende effecten voor onze gezondheid zijn er nog voldoende andere aanwijzingen vanuit klimaatadaptatie (bv. minder hittestress, meer waterretentie), omgevingskwaliteit (bv. minder fijn stof) en biodiversiteit om bij het ontwerpen van gezonde leefomgevingen voldoende kwalitatief en toegankelijk groen te voorzien en te behouden.

Kenmerken van de woning en ventilatie belangrijk voor gezond binnenmilieu

We brengen het meeste van onze tijd binnenshuis door. Toch hebben we, vergeleken met het buitenmilieu, nog weinig kennis over de kwaliteit en de gezondheidseffecten van het binnenmilieu. Daarom werd hieraan in de vierde biomonitoringscyclus extra aandacht besteed. Uit de resultaten blijkt dat de interne blootstelling aan bepaalde stoffen afhangt van de gebruikte materialen bij het (ver)bouwen, de interieurkeuzes en de ouderdom van de woning.³

Bij deelnemers die in recentere huizen wonen, werden bijvoorbeeld gemiddeld lagere gehalten gemeten van stoffen die inmiddels strikter gereguleerd zijn. Denk aan lood (verbod op het leggen van nieuwe loden waterleidingen)² of sommige gereguleerde vlamvertragers en plastic weekmakers (ftalaten) die vroeger aanwezig waren in behanglijm of oude vinylvloeren³. Maar de gehalten aan vervangende stoffen, zoals bijvoorbeeld alternatieve plastic weekmakers (DINCH), was bij deze deelnemers wel gemiddeld hoger.⁹ Ook huizen die

recent geleverd of gerenoveerd zijn kunnen zorgen voor hogere interne blootstelling aan bepaalde alternatieve weekmakers of vlamvertragers. Het gebruik van milieuvriendelijke materialen en een goede ventilatie kan de blootstelling aan polluenten binnenshuis wel verlagen (meer informatie in de digitale map | [Bouw Gezond](#)). Jongeren die in goed geventileerde huizen wonen, hebben gemiddeld lagere gehalten van pesticiden, plastic weekmakers, vlamvertragers, PFAS en ook minder fysiologische stress.





5.

De case PFAS: een exposoomaanpak op lokaal niveau

In juni 2021 kwamen hoge PFAS-concentraties* in de omgeving van de 3M-fabriek in Zwijndrecht onder de aandacht. PFAS staat voor een groep van per- en polyfluoralkylverbindingen die in verband gebracht worden met een verstoring van het immuun- en hormonaal systeem. Ze komen voor in brandblusschuim en in alledaagse producten die water- en vetafstotend zijn. Denk aan antiaanbakpannen, lippenstift, kledij, en pizzadozen. Naast brandblusschuim komt PFAS in onze leefomgeving terecht via uitstoot van bedrijven (lucht of water) of via (huishoudelijk) afvalwater.

Als reactie op de hoge concentraties zijn in de buurt van de fabriek meetnetten in lucht, water en bodem uitgerold. Humane biomonitoring ging na hoe(veel) PFAS in het lichaam terecht komt en wat blootstelling in het lichaam doet.¹⁰

Hogere bloedwaarden en verstoring van het immuunsysteem bij omwonende jongeren

Het humane-biomonitoringsonderzoek bevestigde dat jongeren die in een straal van 5km rond de fabriek wonen meer PFAS-componenten in hun bloed hebben dan leeftijdsgenoten uit Vlaanderen.¹⁰ Die hogere meetwaarden konden gelinkt worden aan gezondheidseffecten. Dit gaat vooral om vroege signalen voor een onderdrukking van het immuunsysteem (een lager aantal immuuncellen en -stoffen en een hogere infectiekans) en voor een vertraging in de groei en ontwikkeling. De resultaten betekenen niet dat jongeren effectief ziek zullen worden, maar wijzen wel op een bijkomende risicofactor van hogere PFAS-bloedwaarden.

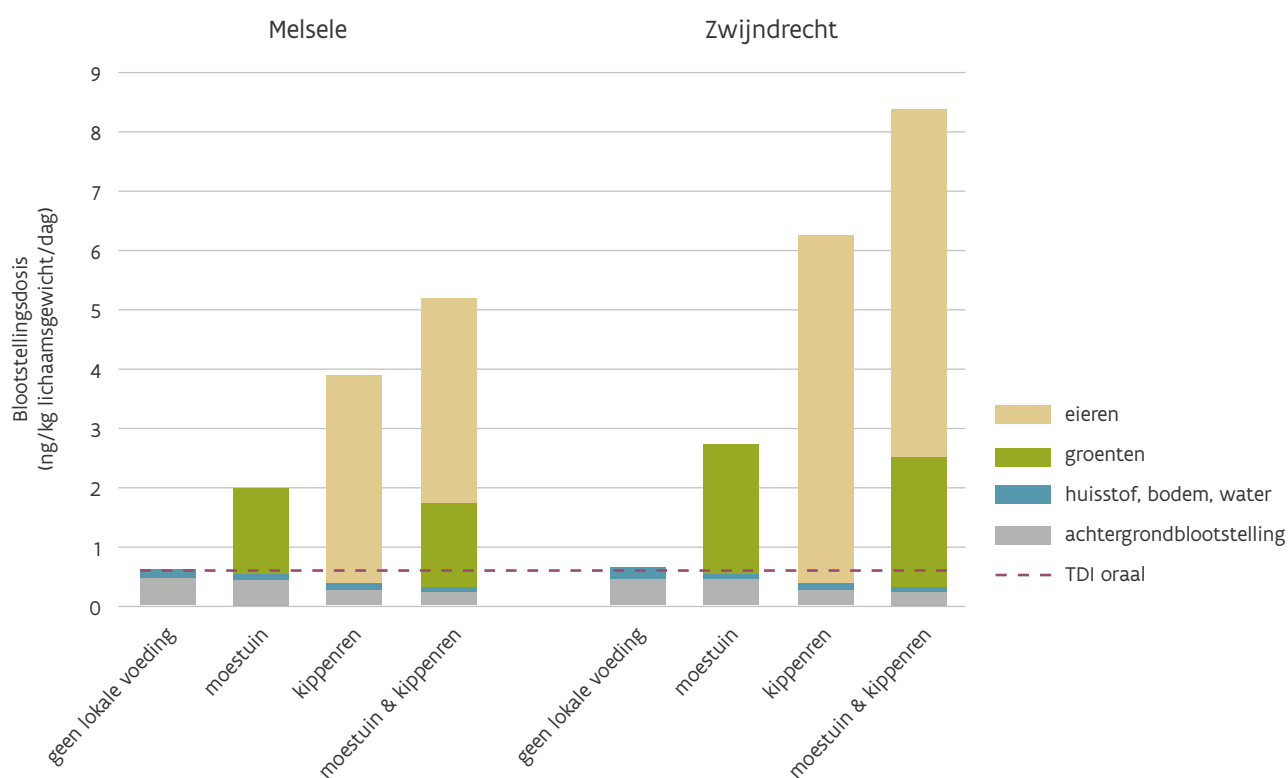
* We gebruiken hier de term PFAS voor alle per- en polyfluoralkylverbindingen. Het is een verzamelnaam voor meer dan 6000 stoffen die gebruikt worden in diverse toepassingen om producten vet-, water- of vuilafstotend te maken. De meest gekende zijn PFOS en PFOA. De verbinding van koolstof met fluor zorgt ervoor dat PFAS-verbindingen zeer resistent zijn.

Blootstelling gebeurt vooral via voeding, in het bijzonder lokale eieren en groenten

PFAS-componenten uit de omgeving komen het lichaam van omwonende jongeren vooral binnen via de mond (voeding, drinken, het inslikken van bodem of huisstof). Dit noemen we verder de orale blootstellingsroute.¹⁰ Blootstelling via inademing (door

luchtvervuiling) of via de huid (door bv. cosmetica) is in vergelijking beperkt.

Figuur 4 toont voor twee locaties nabij de fabriek van 3M – Melsele en Zwijndrecht – hoe groot de PFAS-blootstelling is via de verschillende orale blootstellingsroutes.



FIGUUR 4 Relatieve bijdrage van de verschillende milieucompartimenten (eieren, groenten, huisstof, bodem en water) aan de blootstellingsdosis in Melsele en Zwijndrecht. Vier consumptiescenario's worden getoond (van links naar rechts): 1) enkel commerciële voeding, 2) consumptie van groenten uit eigen moestuin, 3) consumptie van eieren van eigen kweek en 4) consumptie van zowel groenten als eieren van eigen kweek. Blootstelling werd berekend voor de som van vier PFAS-componenten (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS). Voor deze som geldt een maximaal Toegelaten Dagelijkse Inname (TDI) volgens de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid EFSA (2020).

Jongeren in Melsele of Zwijndrecht die enkel commerciële voeding eten, zijn minder blootgesteld dan leeftijdsgenoten die ook groenten en fruit en/of eieren uit eigen tuin eten. Toch benadert het eten van commerciële voeding de Toelaatbare Dagelijkse Inname (TDI) van PFAS, zoals vastgesteld door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA). Het eten van eieren of groenten van eigen kweek zorgt bij de onderzochte jongeren voor bijkomende blootstelling en overschrijding van de veiligheidsdrempel. De bijdrage van eieren is ongeveer dubbel zo groot als die van lokale groenten. Omdat Zwijndrecht dicht bij de fabriek ligt dan Melsele ligt de totale blootstellingsdosis er gemiddeld hoger. Ook in andere Europese landen vormen eieren en groenten, in het bijzonder van eigen kweek, belangrijke blootstellingsroutes voor PFAS.¹ Onder meer door die inzichten werden 'noregretzones' afgebakend rond gekende PFAS-bronnen in Vlaanderen. Dat zijn zones waar bewoners de raad krijgen om bepaalde maatregelen op te volgen, zoals het beperken van het eten van voedsel uit eigen tuin.

Van PFAS-crisis naar het voorkomen en aanpakken van zorgwekkende stoffen in Vlaanderen

De PFAS-case illustreert het belang van humane biomonitoring en van een exposoom benadering om potentiële gezondheidsrisico's in kaart te brengen. In de nasleep van de PFAS-vervuiling in Zwijndrecht werd een brede samenwerking tussen de beleidsdomeinen omgeving en gezondheid opgestart om PFAS-componenten over heel Vlaanderen beter te kunnen meten, om kennis over gezondheids- en milieu-impact te verzamelen en om normenkaders voor lucht, water, bodem en afvalstoffen te ontwikkelen. Het PFAS-actieplan moet blootstelling verminderen door in te grijpen op de verschillende stappen in de productie- en gebruikscyclus van PFAS. Deze gestructureerde aanpak is niet alleen nodig om PFAS-vervuiling aan te pakken, maar geldt voor alle potentieel schadelijke chemische stoffen: de zorgwekkende stoffen.

Beleidsplan Zorgwekkende Stoffen in opmaak

Het vaststellen van wettelijke normen voor veilige blootstelling aan stoffen in mens, lucht, bodem en water is uiteindelijk een beleidskeuze. De Vlaamse overheid wil tegen 2050 de vervuiling door zorgwekkende stoffen terugbrengen tot een aanvaardbaar risico voor mens en omgeving. Om dit te realiseren wordt gewerkt aan een Beleidsplan Zorgwekkende Stoffen. Dit plan bouwt onder andere voort op de inzichten en gecoördineerde aanpak van PFAS-vervuiling.



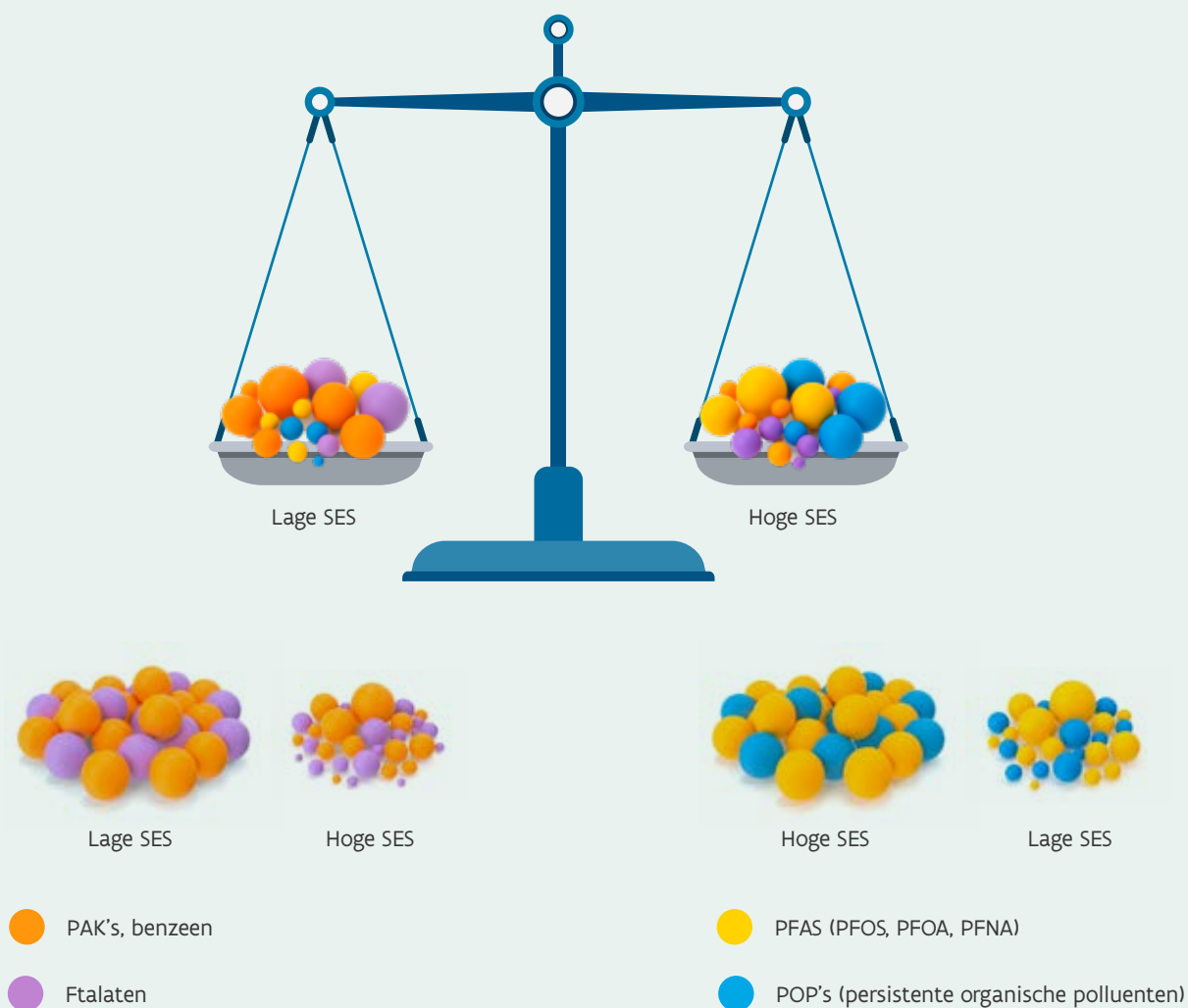


Ook sociale factoren bepalen mee hoe gezond we zijn

Er is een wisselwerking tussen sociale factoren, jouw gezondheid en leefomgeving. Men spreekt over sociale milieuegelijkheid als mensen, bijvoorbeeld met een laag of net een hoog inkomen, onevenredig worden getroffen door milieuvervuiling. De verklaring kan een verschil in blootstelling, een hogere gevoeligheid voor schadelijke stoffen, of een combinatie van beide zijn. Humane biomonitoring onderzoekt die verklaringen meer in detail.

Relaties met sociale factoren variëren per stofgroep

Voor de helft van de gemeten stofgroepen in Vlaamse jongeren werden in de vierde humane-biomonitoringscyclus significante verbanden gevonden met indicatoren van sociaaleconomische status of SES (inkomen en opleiding) of herkomst.¹¹ Figuur 5 geeft de vereenvoudigde resultaten weer voor de relaties met inkomen en opleiding.



FIGUUR 5 Het relatief verschil in blootstellingsconcentratie van biomerkers van vier verschillende stofgroepen tussen jongeren met de laagste (linkerhelft) en met de hoogste (rechterhelft) indicatoren van sociaaleconomische status; SES (parameters i.v.m. opleidingsniveau en inkomen van het gezin). De kleur van de balletjes in de weegschaal verwijst naar de stofgroep. (Op basis van Morrens et al. 2020).

Jongeren met hoog opgeleide ouders en met een hoog inkomen werden bijvoorbeeld blootgesteld aan hogere gehalten van perfluorverbindingen, in het bijzonder PFOS (Figuur 5, rechtse weegschaal). Deze jongeren hadden ook een Belgische herkomst. Ook de relatie met persistente organische polluenten (POP's) was sociaal bepaald: een hoog gezinsinkomen en opleidingsniveau hing samen met een hogere blootstelling aan organochloorpesticiden (trans-nanochloor) in die jongeren. Voor PAK's en ftalaten ging de relatie de omgekeerde richting uit (Figuur 5, linkse weegschaal). Een hogere blootstelling aan PAK's was geassocieerd met een lager (gezins)inkomen en schooltype van

de jongeren. Voor hogere blootstelling aan benzeen speelde vooral de factor niet-Belgische herkomst een rol. Een lager gezinsinkomen hing verder samen met een hogere blootstelling aan ftalaten. De relaties met perfluorverbindingen, PAK's en ftalaten in Vlaanderen werden bevestigd in andere Europese landen.¹²

Resultaten biomonitoring sociaal differentiëren laat meer nuancering toe

Uit de analyse van de sociale gradiënten in blootstelling komen een aantal mogelijke verklaringen naar boven.¹¹ Een hogere interne blootstelling aan sommige perfluorverbindingen en POP's bij hogere SES-groepen

en Belgische herkomst hangt bijvoorbeeld samen met een voedingspatroon waar vis, schaaldieren en lokaal geteelde voeding vaker op het menu staan. Beide types verbanden zijn zeer persistent en kunnen lang aanwezig zijn in het milieu en de voedselketen.

Verder weerspiegelen sociale gradiënten in blootstelling aan PAK's en ftalaten sociale verschillen in sommige binnenmilieuenmerken. Jongeren met een lage SES en/of een buitenlandse herkomst wonen vaker in huizen waar de kachel de hoofdverwarming is en waar meer passief wordt geroookt (PAK's), waar meer

geurproducten worden gebruikt (PAK's en benzeen) en waar vaker een vinylvloer of -behang aanwezig is (ftalaten). Deze jongeren wonen ook vaker in huurwoningen, wat aanpassingen aan de woning minder evident maakt.

Relaties tussen sociale gradiënten en (interne) blootstelling zijn uiteraard nog geen oorzakelijke verbanden. Toch brengen ze het persoonlijk exposoom beter in kaart en geven ze meer nuancering en verdieping aan de evoluties in gemiddelde blootstelling bij mensen die in Vlaanderen wonen. (o.a. Figuur 2).





7.

Verder bouwen aan het (toekomstig) chemische stoffenbeleid

De afgelopen twintig jaar zijn de resultaten uit de Vlaamse humane-biomonitoringprogramma's veelvuldig gebruikt in tal van beleidsprocessen. Zo werden ze ingezet als voorbereiding van nieuw beleid, voor het onderbouwen en uitbreiden van monitoring in mens en milieu, en als een instrument om beleid rond omgeving en gezondheid te evalueren. Het belang en de rol van humane biomonitoring als impactmeting wordt opnieuw bevestigd in de recente Beleidsnota Omgeving (2024-2029).

Leren door te doen

Elke humane-biomonitoringscyclus bouwt verder op de ervaringen, acties en kennis uit de vorige cycli. Om de vaak technische informatie te vertalen naar prioriteiten voor een beleidsmaker volgt na elke cyclus een faseplan met aandacht voor gezondheidkundige relevantie, sociaal draagvlak en bevoegdheid. Hier vloeien actieplannen uit voort (zoals het PFAS-actieplan). Zo'n plan bevat beleidsacties zoals het invoeren van extra handhaving of het aanpassen van wetgeving, maar

evengoed zijn de acties gericht op andere maatschappelijke actoren.

Met elk nieuw Vlaams humane-biomonitoringprogramma wordt tegelijk ingespeeld op urgente maatschappelijk-wetenschappelijke uitdagingen. Zo verhoogt het vijfde programma niet alleen de inspanningen om meer aspecten van de leefomgeving en persoonlijke blootstelling te meten, het speelt ook in op klimaat gerelateerde risico's en kennislacunes zoals de gezondheidssimpact van het binnenmilieu en geluidhinder (Figuur 6).

Naast aansluiting met het Vlaamse beleid, in het bijzonder met chemische zorgwekkende stoffen, lopen de vierde en vijfde biomonitoringscyclus ook parallel met het onderzoeksprogramma Horizon Europa (HBM4EU en PARC). Dankzij die Europese samenwerking zijn er veel (meer) deelnemers en data beschikbaar, wat essentieel is voor het onderzoeken van de relaties tussen chemische mengsels, exposoom en vroegtijdige gezondheidseffecten.

Wat is nieuw in de vijfde cyclus?

METEN



Mycotoxines

Mycotoxines, gifstoffen geproduceerd door schimmels, dringen ons lichaam binnen via aangetast voedsel of diervoeder of via gebouwen met vochtproblemen. Door klimaatverandering is het risico op schimmelvorming, en dus blootstelling aan mycotoxinen, groter.



Exposoom meten

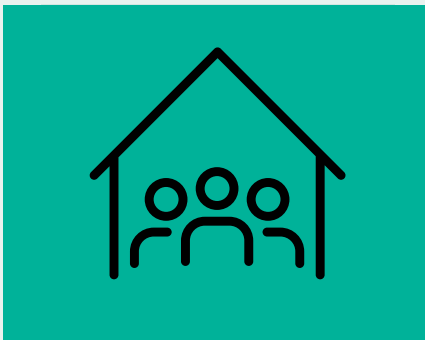
De inspanningen worden verhoogd om meer merkers en aspecten van de leefomgeving en levensstijl te bevragen, effectief te meten en ruimtelijk met elkaar in verband te brengen. Dit gebeurt op niveau van de leefomgeving (bevolking), het huishouden en het individu.



Self sampling

Innovatieve technieken kunnen zorgen voor tijdswinst, een lagere kostprijs en meer flexibiliteit door op meerdere tijdstippen en/of locaties stalen te nemen. In de vijfde cyclus zullen daarom een aantal jongeren zelf bloedstalen afnemen via een vingerprik.

WETEN



Kwaliteit binnenmilieu

De gezondheidsimpact van het binnenmilieu in private huizen is niet goed gekend en zeer plaats- en persoonsgebonden. Sommige schoonmaakproducten en parfums, maar ook een slechte luchtkwaliteit door verkeer en houtkachels rond het huis beïnvloeden de kwaliteit van de lucht binnenshuis.



Effecten van geluid

Geluidsoverlast is subjectief, maar kan vergelijkbare gezondheidseffecten hebben als chemische stoffen. Schattingen rangschikken lawaai als derde belangrijkste bijdrage aan de ziektelast door milieustressoren in Vlaanderen, na fijn stof en hormoonverstoorders.



Mengsels van stoffen

We worden blootgesteld aan verschillende vervuilende stoffen tegelijk, waarbij gezondheidsrisico's afhangen van concentratie, toxische potentie en chemische mengsels in het lichaam. Het inschatten van gezondheidseffecten van deze mengsels krijgt veel aandacht in de vijfde cyclus.

FIGUUR 6 Belangrijkste nieuwigheden van het vijfde Vlaamse humane-biomonitoringprogramma (2022-2027).

Bronnen

1. Richterová, D. et al. PFAS levels and determinants of variability in exposure in European teenagers – Results from the HBM4EU aligned studies (2014–2021). *Int. J. Hyg. Environ. Health* 247, 114057 (2023).
2. Schoeters, G. et al. Internal exposure of Flemish teenagers to environmental pollutants: Results of the Flemish Environment and Health Study 2016–2020 (FLEHS IV). *Int. J. Hyg. Environ. Health* 242, 113972 (2022).
3. Verheyen, V. et al. FLEHS IV (2016–2020): Blootstelling-Effect Associaties. Tussentijds Rapport Bisfenolen, Pesticiden, Perfluorverbindingen, Zware Metalen En Spoorelementen. (VITO, in opdracht van het VPO, 2022).
4. Apel, P. et al. Human biomonitoring initiative (HBM4EU) - Strategy to derive human biomonitoring guidance values (HBM-GVs) for health risk assessment. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 230, 113622 (2020).
5. Koppen, G. et al. Organochlorine and heavy metals in newborns: Results from the Flemish Environment and Health Survey (FLEHS 2002–2006). *Environ. Int.* 35, 1015–1022 (2009).
6. Teughels, C., Van Campenhout, K., Vervoort, P. & Mampaey, M. Gezonde leefomgeving waarborgen. in Ruimterapport Vlaanderen (RURA) vol. Hoofdstuk 5 227–272 (Departement Omgeving, Brussel, 2021).
7. De Troeyer, K. et al. Higher proportion of agricultural land use around the residence is associated with higher urinary concentrations of AMPA, a glyphosate metabolite. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 246, 114039 (2022).
8. Bijnsens, E. M. et al. Higher surrounding green space is associated with better attention in Flemish adolescents. *Environ. Int.* 159, 107016 (2022).
9. Bastiaensen, M. et al. Biomarkers of phthalates and alternative plasticizers in the Flemish Environment and Health Study (FLEHS IV): Time trends and exposure assessment. *Environ. Pollut.* 276, 116724 (2021).
10. Consortium UAntwerpen, VITO, PIH, UHasselt en VUB. Jongerenstudie HBM - Omgeving 3M – Resultatenrapport. 219 <https://archief.onderzoek.omgeving.vlaanderen.be/Onderzoek-3520355> (2023).
11. Morrens, B., Coertjens, D., Loots, I., Colles, A. & Bruckers, L. Stratificatie Biomonitoring Resultaten FLEHS IV Naar Sociaaleconomische Status En Herkomst. (2020).
12. Govarts, E. et al. Harmonized human biomonitoring in European children, teenagers and adults: EU-wide exposure data of 11 chemical substance groups from the HBM4EU Aligned Studies (2014–2021). *Int. J. Hyg. Environ. Health* 249, 114119 (2023).
13. Buekers, J. et al. Socio-Economic Status and Health: Evaluation of Human Biomonitored Chemical Exposure to Per- and Polyfluorinated Substances across Status. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15, (2018).
14. Purece, Anthony et al. Ongelijke Blootstelling En Impact in Vlaanderen: Ontwikkeling van Een Indicatoren Raamwerk Voor de Integratie van Sociale Ongelijkheden in de Gezondheidsimpact van Chemische Stoffen. (2025).
15. Pauwels, J. et al. Pilotstudie Innovatieve Self-Sampling: Evaluatie van Vernieuwende Staalafname Technieken in Het Kader van de Vlaamse Humane Biomonitoring Studies. 139 <https://archief.onderzoek.omgeving.vlaanderen.be/Onderzoek-7071423> (2024).
16. Buekers, J. et al. Combined chemical exposure using exposure loads on human biomonitoring data of the 4th Flemish Environment and Health Study (FLEHS-4). *Int. J. Hyg. Environ. Health* 238, 113849 (2021).
17. Cai, A. et al. Exposure to a Mixture of Endocrine-Disrupting Chemicals and Metabolic Outcomes in Belgian Adolescents. *Environ. Sci. Technol.* 57, 19871–19880 (2023).

Voorbije edities



COLOFON

In het kader van Omgevingsrapportage maakt het Departement Omgeving briefings op rond een specifiek thema. Het resultaat is een informatief en overzichtelijk document dat belangrijke aspecten van de omgeving in de kijker zet.

CONTACT

Met vragen of opmerkingen kan je terecht bij vpo.omgeving@vlaanderen.be

WEBSITE

Omgevingsrapportage (omgeving.vlaanderen.be/omgevingsrapportage)
omgeving-en-gezondheid.be/nl/rapporten-en-publicaties

DEPOTNUMMER

D/2025/3241/278

VU

Toon Denys
Departement Omgeving
Havenlaan 88
1000 Brussel

© 2025 Departement Omgeving

VLAAMSE OVERHEID

Havenlaan 88, 1000 Brussel

www.omgeving.vlaanderen.be
omgeving@vlaanderen.be