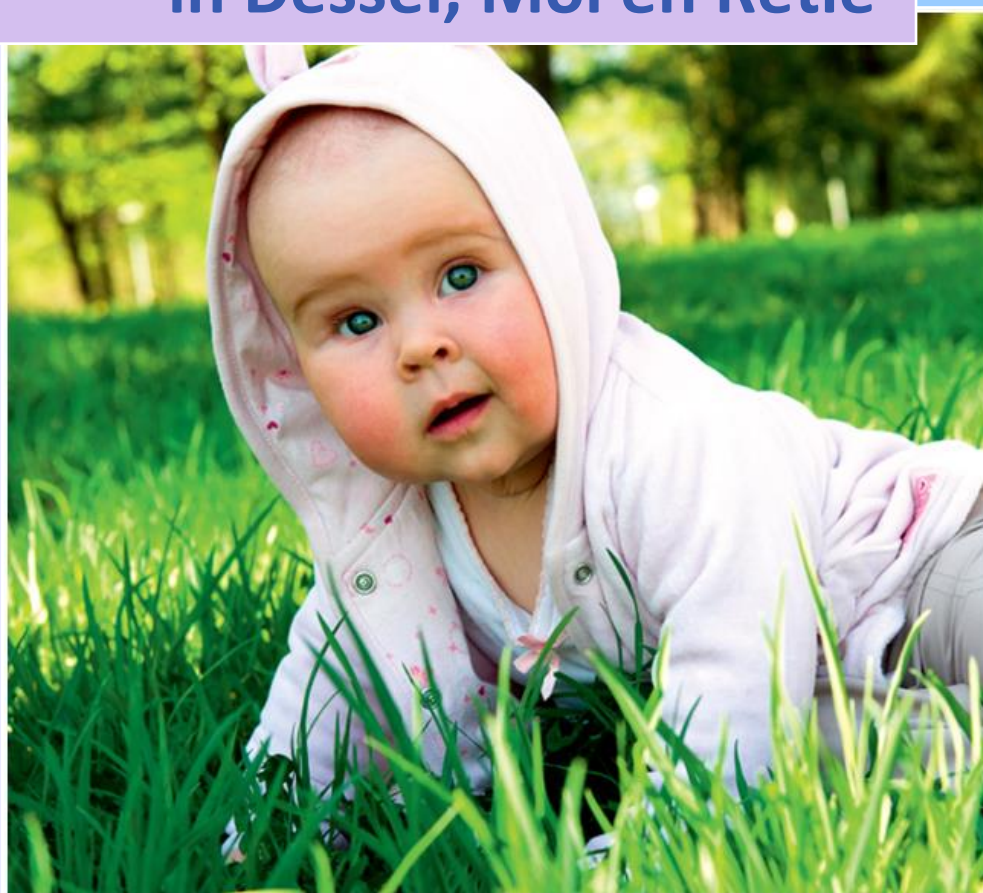


**2011-2015**

# Humane biomonitoring van zware metalen in Dessel, Mol en Retie



Studie in opdracht van STORA, MONA  
en NIRAS, Mol - 2016

Met speciale dank aan alle deelnemers; de directie, gynaecologen en vroedvrouwen van de kraamklinieken van Mol, Geel en Turnhout; de verantwoordelijken en het personeel van de ziekenhuislaboratoria; de directie en het personeel Kind en Gezin regio Kasterlee en regio Geel; de huisartsen van de regio Dessel, Mol, Retie; het Algemeen Medische Laboratorium (AML) voor de logistieke steun, de analyses en het stalentransport; Vrije Universiteit Brussel (VUB) voor de analyses van de stalen, de leden van de stuurgroep van 3xG, de leden van de 3xG adviesraden; de leden van het wetenschappelijk begeleidingscomité van 3xG.

Dank aan NIRAS, STORA en MONA voor de financiering van dit onderzoek.

3xG dankt ook het Vlaams Steunpunt Milieu en Gezondheid ([www.milieu-en-gezondheid.be](http://www.milieu-en-gezondheid.be)), waarvan de gegevens toelieten vergelijkingen met Vlaanderen te maken. Het onderzoek uitgevoerd door het Steunpunt Milieu en Gezondheid, is een initiatief van de Vlaamse Regering. De Vlaamse ministers bevoegd voor Volksgezondheid en Leefmilieu, de afdeling Toezicht Volksgezondheid van het Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid, de dienst Milieu en Gezondheid van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie en de administratie Wetenschapsbeleid volgen de werkzaamheden van het Steunpunt op.

### Wie voert het onderzoek?

Een consortium van onderzoekscentra voert de gezondheidsopvolging 3xG uit in opdracht van NIRAS, STORA en MONA. VITO coördineert 3xG en verwerkt de resultaten. De Universiteit Antwerpen (UA) staat in voor de communicatie over het onderzoek en organiseert het lokale overleg. Het PIH te Antwerpen staat in voor de rekrutering en het contact met de deelnemers. Al deze wetenschappelijke partners werken nauw samen met lokale actoren en netwerken.

Voor meer informatie: [www.studie3xg@be](mailto:www.studie3xg@be)



## Inleiding

3xG staat voor ‘**Gezondheid – Gemeenten – Geboorten**’ en is een unieke gezondheidsstudie die loopt in de regio **Dessel-Mol-Retie** als gevolg van afspraken van de partnerschappen STORA(Dessel) en MONA (Mol) met NIRAS, de nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen, over het geïntegreerde project van oppervlakteberging (cAt). Het is een van de initiatieven ter bevordering van gezondheid en welzijn in de regio.

De 3xG-studie is een continue opvolging van uiteenlopende **gezondheidsgegevens** en **milieu-effecten** met het oog op gezondheidspreventie in de regio. De studie is opgebouwd uit 2 onderdelen:

- (1) Analyse van de ziekte- en overlijdensregisters in Mol, Dessel en Retie.
- (2) Onderzoek naar de invloed van milieu en leefomgeving op de gezondheid van een nieuwe generatie inwoners van Dessel, Mol, Retie, al van voor de geboorte.

Voor het 2<sup>e</sup> luik werden in een periode van 5 jaar (2011-2015) **301 zwangere vrouwen** uit Dessel, Mol en Retie onderzocht. Dat aantal is nodig om betrouwbare uitspraken te doen voor de regio en voldoende vergelijking doorheen de tijd toe te laten. Er werden **urine-, navelstrengbloed- en moedermelkstalen** genomen tijdens de zwangerschap en na de bevalling van hun baby. In deze stalen worden gehalten van vervuilende stoffen en/of hun effecten gemeten. Deze techniek heet **humane biomonitoring**. De onderzoekers volgen de kinderen op van voor de geboorte totdat ze 18 jaar worden. Het ontwikkelende en opgroeiende kind is een erg gevoelige schakel in de generatieketen en de impact van het leefmilieu zal eerst bij het meest kwetsbare deel van de bevolking worden opgemerkt. Elke 10 jaar zal een nieuwe studie met 300 moeder-kindparen worden opgestart.

De studie sluit aan bij de aandacht voor een **gezonde leefomgeving** in de regio en wil kansen bieden om op basis van wetenschappelijke inzichten een gezonde leefomgeving te waarborgen voor alle inwoners. Het programma kreeg vorm en focus dankzij overleg en input van organisaties en inwoners tijdens verschillende consultatiemomenten.

De 3xG-studie onderzoekt diverse milieuvervuilende stoffen en gezondheidseffecten. In 2011 en 2012 werden de eerste 150 baby's geboren en in 2013 werden de resultaten op basis van deze eerste groep deelnemers bekend gemaakt. Deze kunnen geraadpleegd worden op de 3xG-website ([www.studie3xg.be](http://www.studie3xg.be)).

In mei 2015 werd de laatste baby van de 2<sup>e</sup> groep deelnemers geboren. Bij deze groep is ondertussen eveneens de blootstelling aan zware metalen gemeten. De volgende jaren zullen nog bijkomende metingen van andere stoffen gebeuren in de stalen van urine, navelstrengbloed, moedermelk en bloed van de moeder die nu in een **biobank** bewaard worden. Op die manier wordt deze biobank een archief voor de toekomst. Onderstaande tabel geeft het overzicht weer van de reeds gebeurde en nog uit te voeren metingen in beide deelnemersgroepen.

Resultaten metingen 3xG-studie in 1 <sup>e</sup> groep 150 deelnemers	Te meten in 2 <sup>de</sup> groep 151 deelnemers
<b>Merkers van blootstelling</b>	
Zware metalen	2015
Persistente gechloreerde stoffen	
Verbrandingsproducten	2016
Plastic-componenten	2017
Perfluor-componenten	
Persoonlijke hygiëne producten	
<b>Merkers van blootstelling</b>	
Astma en allergie	2015
Geboorteparameters	2015
Vitaminen	
DNA-schade	2016
schildklierhormonen	

Het huidige rapport beschrijft de impact van milieubelasting door zware metalen bij het begin van het leven en dit op basis van de totale groep van 301 deelnemers.

## Achtergrond: Zware metalen in de Kempen

De Kempen kent een historische vervuiling aan zware metalen door de non-ferro industrie die hier sinds het einde van de 19<sup>e</sup> eeuw gevestigd is. In het verleden kwamen zware metalen zoals nikkel, zink en cadmium in het milieu door de uitstoot van de fabrieken naar de lucht en door de verwerking van de assen uit de fabrieken in wegen. Daarnaast komen metalen zoals arseen ook van nature voor in de ondergrond en in het grondwater. Sinds de jaren '70-'80 zijn er heel wat initiatieven genomen om de problematiek uitgebreid aan te pakken waardoor het gehalte aan zware metalen in de regio sinds de jaren '70 gevoelig gedaald is.

Zware metalen worden echter niet afgebroken in het leefmilieu en bijgevolg zijn sporen van deze verontreiniging nog steeds aanwezig in de bodem en het water van de Noorderkempen. In het bijzonder jonge kinderen zijn gevoelig aan de effecten van zware metalen en ze lopen een groter risico om te worden blootgesteld door veelvuldig hand-mond contact met hun omgeving.

Onderzoeken in de jaren '80-'90 toonden aan dat de blootstelling aan zware metalen een meetbare invloed had op de gezondheid van de inwoners. In 2006, in de BONK-studie<sup>1</sup>, werden voor het laatst zware metalen in de mens gemeten in de Noorderkempen (Balen, Mol, Overpelt, Neerpelt en Lommel).

## Doelstelling 3xG

De 3xG-studie onderzocht in 2011-2012, bij een 1<sup>e</sup> groep van 150 deelnemers uit Dessel, Mol en Retie, de gehalten van zware metalen. Hiervoor werden metingen gedaan in urine van zwangere moeders en in navelstrengbloed van hun pasgeboren baby. Indien geen navelstrengbloed genomen kon worden bij de bevalling, leverden de moeders een staal moedermelk. Naast cadmium, arseen en lood werd ook het gehalte thallium, koper, chroom, nikkel en mangaan geanalyseerd.

In mei 2015 werd de laatste baby geboren van de 2<sup>e</sup> groep van 151 3xG-baby's uit de regio. Dit rapport bundelt de meetresultaten van de zware metalen bij alle 301 moeder-kind paren voor de periode 2011-2015. Vergelijking van de 2<sup>e</sup> versus 1<sup>e</sup> groep geeft de tijdstrend weer. De meetresultaten werden ook vergeleken met beschikbare meetwaarden van een Vlaamse referentiepopulatie. De invloed van voeding en levensstijl op de meetresultaten werd nagegaan. Daarnaast werd ook onderzocht of er een verband was tussen de zware metalen en de gezondheid van de moeders en hun baby's.

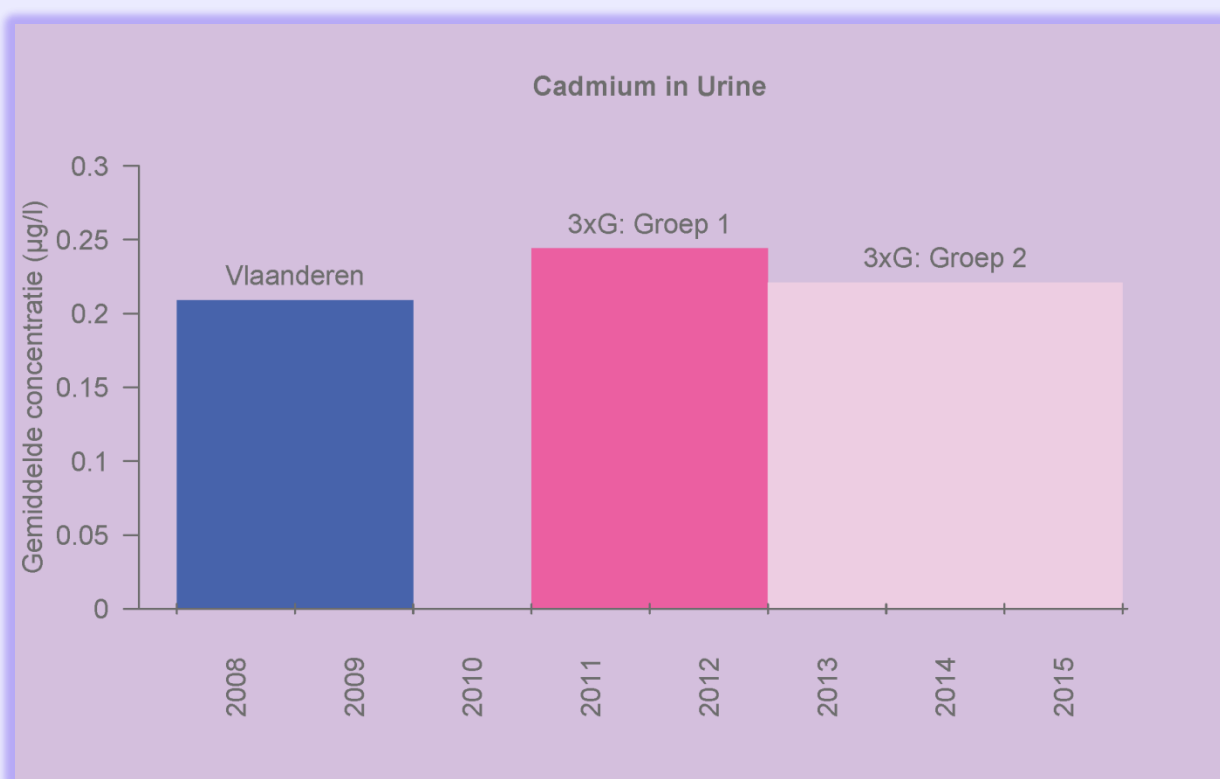
---

<sup>1</sup> Blootstellingsonderzoek Cadmium Noorderkempen (BONK) 2006, Geïntegreerd rapport, Juni 2008.  
<http://www.ovam.be/blootstellingsonderzoek-Noorderkempen>

## Voornaamste bevindingen

### Lichaamsbelasting in Dessel, Mol en Retie daalt in de tijd

Uit de eerste 3xG-resultaten bleek dat de lichaamsbelasting aan **cadmium** nog steeds verhoogd was in de Kempen ten opzichte van Vlaanderen. De meetgegevens van de 2<sup>e</sup> groep van 3xG-deelnemers tonen aan dat het gehalte cadmium in urine nu gemiddeld lager is dan in de 1<sup>e</sup> groep (zie Figuur 1). De gemiddelde cadmium-concentratie is niet meer significant hoger bij 3xG-moeders dan bij een Vlaamse referentiepopulatie van niet-zwangere vrouwen van dezelfde leeftijdscategorie (20-40 jaar)<sup>2</sup>. De Vlaamse referentiepopulatie werd gemeten in 2008-2009, sindsdien zijn de meetresultaten van andere leeftijdsgroepen in Vlaanderen verder gedaald. Een recente meetwaarde in een gelijkaardige Vlaamse populatie is momenteel niet beschikbaar.

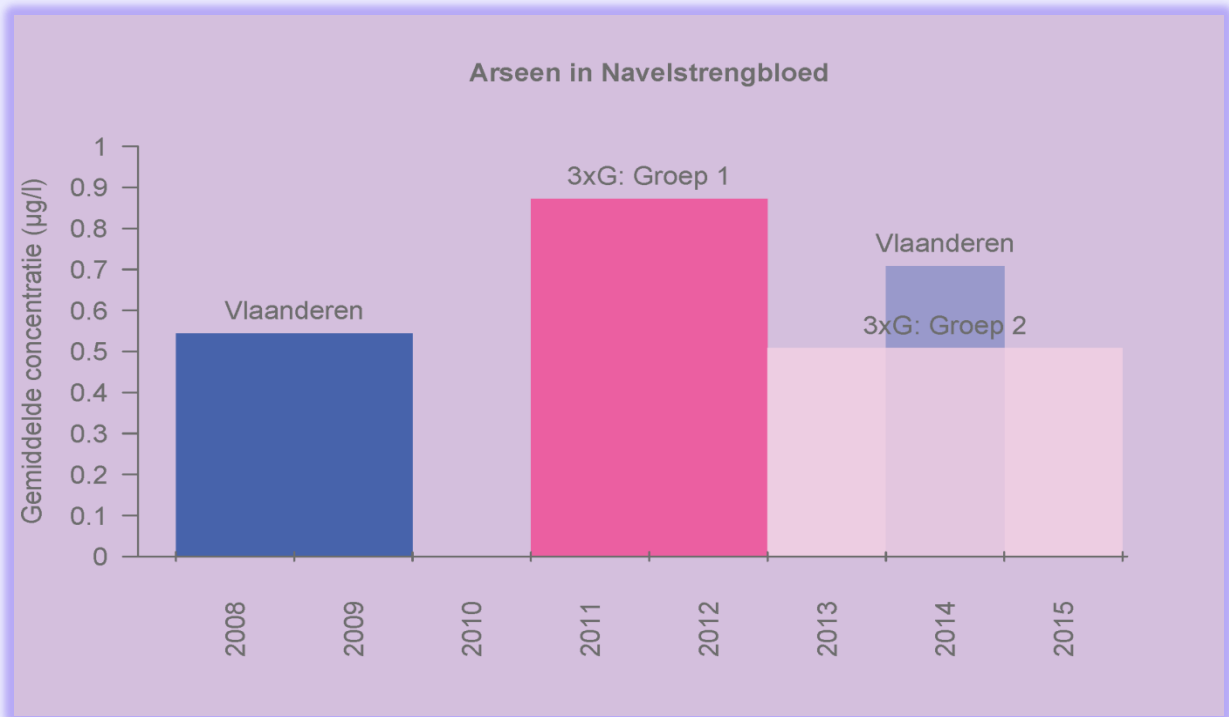


**Figuur 1:** Gemiddelde concentratie cadmium in urine (µg/l) in de tijd in Vlaanderen (blauw, gemeten in 2008-2009) en in 3xG (roze, 1<sup>e</sup> groep van 150 (2011-2012), 2<sup>e</sup> groep (2013-2015))

Het gemiddelde **arseen**-gehalte in navelstrengbloed van de 1<sup>e</sup> groep 3xG-deelnemers was hoger in vergelijking met de Vlaamse referentie uit 2008-2009<sup>2</sup>. De 2<sup>e</sup> 3xG-groep had lagere meetwaarden, zelfs onder het gemiddelde van de Vlaamse referentiepopulatie dat werd gemeten in 2014-2015 (zie Figuur 2).

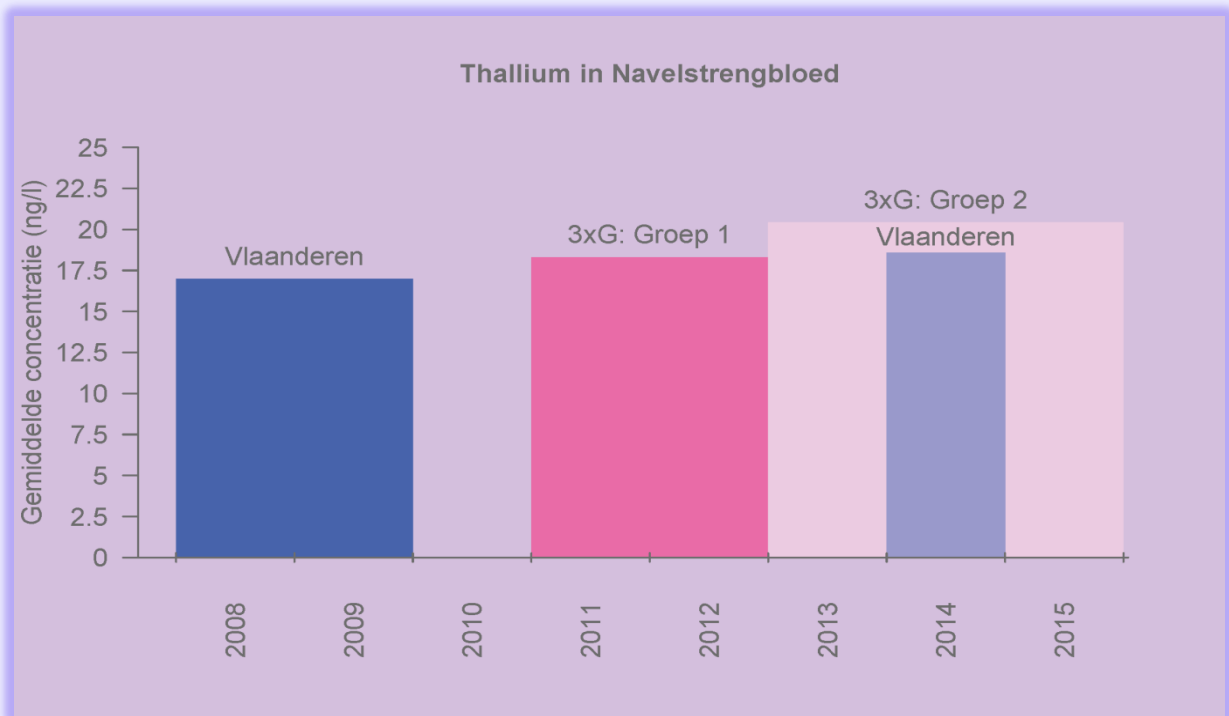
In de BONK-studie (2006) waar toxicologisch relevant arseen gemeten werd bij volwassenen, werd in het onderzoeksgebied in de Noorderkempen geen verhoging vastgesteld ten opzichte van de controlepopulatie.

<sup>2</sup> Vlaams Humaan Biomonitoringsprogramma 2007-2011, <http://www.milieu-en-gezondheid.be>



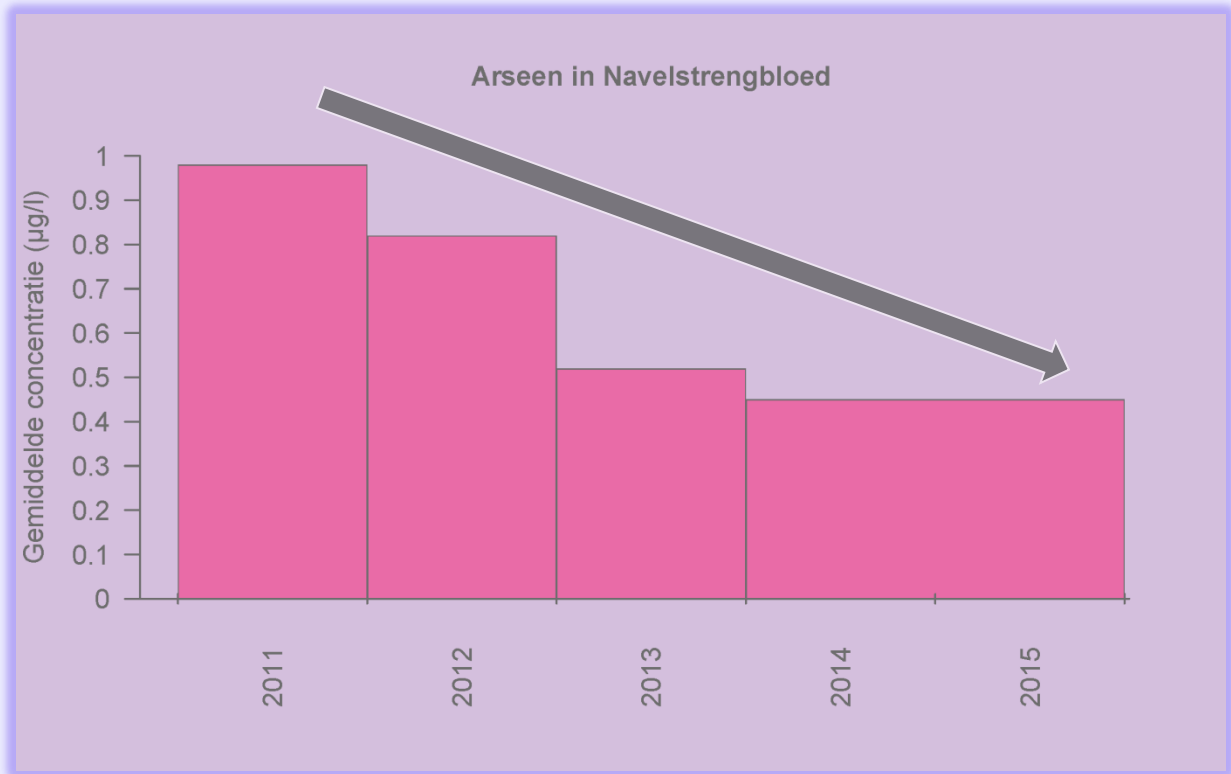
**Figuur 2:** Gemiddelde concentratie arseen in navelstrengbloed (µg/l) in de tijd in Vlaanderen (blauw, gemeten in 2008-2009 en in 2014) en in 3xG (roze, 1<sup>e</sup> groep van 150 (2011-2012), 2<sup>e</sup> groep (2013-2015))

De gemiddelde concentratie **thallium** in navelstrengbloed in de 2<sup>e</sup> 3xG-groep is hoger dan in de 1<sup>e</sup> groep. Eenzelfde stijgende trend werd in de Vlaamse referentiepopulatie vastgesteld over de periode 2008 tot 2014<sup>2</sup>. De meetwaarden in de 3xG-deelnemers liggen iets hoger dan de Vlaamse referentiewaarde (zie Figuur 3).



**Figuur 3:** Gemiddelde concentratie thallium in navelstrengbloed (ng/l) in Vlaanderen (blauw, gemeten in 2008-2009 en in 2014) en in 3xG (paars, 1e groep van 150 (2011-2012), 2e groep (2013-2015))

Zoals hoger beschreven daalt het gehalte aan arseen en cadmium significant gedurende de looptijd van het 3xG-project (Figuur 4). Hetzelfde stellen we vast voor lood, koper en mangaan in navelstrengbloed en voor chroom en nikkel in urine. Deze bevinding is in overeenstemming met de conclusie van de BONK-studie uit 2008. Ook daar vond men dat ondanks de verhoogde lichaamsbelasting aan zware metalen er in de regio eveneens sprake is van een duidelijke daling voor cadmium, lood en arseen ten opzichte van het gehalte in de jaren '80-'90.



**Figuur 4:** Dalende trend van de totale arseenconcentratie (µg/l) in navelstrengbloed bij de 3xG-baby's overheen de jaren

De gemiddelde concentraties en percentielen van de zware metalen in urine, navelstrengbloed en moedermelk voor de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> deelnemersgroepen van 3XG worden opgelijst in de tabellen in bijlage.



## Risico's en blootstellingsroutes van zware metalen in 3xG

### Cadmium

Cadmium is het zware metaal waaraan in het verleden veel aandacht is besteed. Cadmium kan bij langdurige verhoogde blootstelling schadelijk zijn voor de nieren, verhoogt de kans op botbreuken en is bij inademing kankerverwekkend voor de luchtwegen.

Bij alle vrouwen in de 3xG-studie was cadmium aanwezig in de urine tijdens de zwangerschap, dit wordt ook waargenomen in de Vlaamse referentiestudies. De waarde van geen enkele deelnemer overschrijdt de gezondheidswaarde.

Door industriële verontreiniging kan cadmium in de bodem terechtkomen en vooral bladgroenten zoals sla, spinazie en selder nemen dit gemakkelijk op uit de bodem. Ook orgaanvlees (nieren, lever) van vee uit vervuilde gebieden is een bron van cadmium in onze voeding. In de 3xG-studie was er geen verband tussen beide voedingsbronnen en de cadmium meetresultaten. Daarnaast is sigarettenrook één van de belangrijkste bronnen van cadmium in onze samenleving. 14% van de 3xG vrouwen geeft aan gerookt te hebben voor de zwangerschap waarvan de helft ook tijdens de zwangerschap. Er was geen verband met het cadmium-gehalte. De concentratie was hoger bij vrouwen die aangeven alcohol te drinken tijdens de zwangerschap. We hebben daar momenteel geen verklaring voor en het kan toevallig zijn.

### Arseen

Arseen is erkend als een kankerverwekkende stof en dus geldt: hoe lager de blootstelling, hoe beter. Bij verhoogde gehalten kan het risico verhogen op hart- en vaatziekten en aandoeningen van de luchtwegen, het spijsverteringsstelsel en de huid. Blootstelling aan arseen bij kinderen kan een invloed hebben op hun verstandelijke ontwikkeling.

Bij alle 3xG-deelnemers kon arseen gemeten worden, net zoals in de Vlaamse referentiestudies. Ongeveer één derde van de deelnemers heeft een waarde boven de gezondheidkundige richtlijn voor niet-kanker effecten, dit is vergelijkbaar met de rest van de Vlaamse bevolking. De arseengehalten die gemeten worden in de mens vormen een algemeen aandachtspunt in Vlaanderen.

Arseen komt voornamelijk in ons lichaam terecht via voeding en drinkwater. Consumptie van vis, schaal- en schelpdieren verhoogt het arseen-gehalte in urine, maar hierbij gaat het vooral om onschadelijke arseenvormen. Recente metingen tonen aan dat het drinkwater in de 3xG regio, voldoet aan de drinkwaterkwaliteitsnormen voor arseen. Arseen is van nature ook aanwezig in de bodem en kan van daaruit in grondwater en putwater terecht komen. De arseenwaarde voor grondwater wordt in de regio Mol-Retie-Dessel soms op bepaalde meetpunten overschreden. Mensen die grond- of putwater gebruiken voor consumptie worden mogelijk meer aan arseen blootgesteld. In een sub-groep (n=179) van de 3xG-studie geeft 13% van de ondervraagden aan grondwater of putwater te gebruiken voor consumptie of bij het koken. Er was geen verband met het arseen-gehalte in navelstrengbloed. Wel was het gehalte toxicologisch relevant arseen in urine verhoogd bij moeders die aangeven putwater te gebruiken voor consumptie of de bereiding van

voedsel. Voor aanbevelingen over het gebruik van putwater verwijzen we graag naar: <http://www.retie.be/product.aspx?id=843> en <http://www.vitalink.be/putwater.aspx>.

## **Thallium**

Thallium is giftige stof en kan een schadelijk effect hebben op het centraal zenuwstelsel, de longen, het hart, de lever en de nieren. Thallium werd gemeten in alle stalen in de studie. Het thallium gehalte in urine in de 3xG-studie ligt gemiddeld ongeveer een factor 30 onder de gezondheidsnorm.

De concentraties van thallium in het milieu zijn zeer laag. Thallium komt voornamelijk in het milieu terecht door industriële productie van electronica en in mindere mate van glas. De voornaamste blootstellingsroutes naar de mens zijn voeding en mogelijk ook sigarettenrook. In de 3xG-studie stellen we vast dat het gehalte aan thallium hoger was bij vrouwen die rookten voor de zwangerschap en bij deelnemers die aangaven meer lokaal gekweekt fruit te eten. Bij eerstgeboren baby's was thallium hoger dan bij baby's die al een broer of zus hadden. Meer informatie over gezonde moestuinen is te vinden op [www.gezonduiteigengrond.be](http://www.gezonduiteigengrond.be).

## **Lood**

Lood is schadelijk voor de ontwikkeling van het zenuwstelsel. Blootstelling bij kinderen kan leiden tot een verlaagde intelligentie en tot gedragsproblemen. Dankzij de invoer van een verbod voor het gebruik van lood in verf, benzine en de stelselmatige vervanging van lood in drinkwaterleidingen is de blootstelling de voorbije decenia zeer sterk gedaald. Lage concentraties kunnen echter nog steeds een risico vormen bij jonge kinderen. In 3xG werd lood gemeten in alle navelstrengbloedstalen en in 97% van de moedermelkstalen. De concentratie in moedermelk is echter niet hoger dan deze in melkpreparaten voor zuigelingen.

## **Nikkel**

Contact met nikkel via de huid (o.m. via juwelen, munten, ...) kan leiden tot allergische reacties. Inademing van nikkel kan leiden tot chronische bronchitis en verminderde longfunctie. Nikkel komt van nature voor in de bodem, in noten, peulvruchten en volkorenproducten. Milieuvervuiling met nikkel komt voor in de buurt van industrieën die nikkel verwerken of in de buurt van olie- of steenkoolcentrales en huisvuilverbrandingsovens. Bij alle deelnemers kon tijdens de zwangerschap nikkel in de urine worden vastgesteld. Het nikkel-gehalte tijdens de zwangerschap is hoger bij de vrouwen die aangeven de voorbije jaren in de metaalverwerkende nijverheid gewerkt te hebben. De concentraties in de urinestalen van moeders uit de 3xG-studie liggen echter allemaal onder de richtwaarden die gelden op de werkvloer.

## **Chroom, mangaan en koper**

Anders dan de metalen die hierboven beschreven werden, zijn chroom, mangaan en koper spoorelementen. Dit betekent dat kleine hoeveelheden noodzakelijk zijn voor het lichaam om goed te functioneren. Belangrijke voedingsbronnen voor de inname aan spoorelementen zijn groenten, fruit, vlees, vis, graan en volkorenproducten en aardappelen. Ook koffie, thee, en chocolade bevatten spoorelementen.

Een te hoge blootstelling aan chroom, mangaan, en koper kan echter schadelijk zijn. Bekende bronnen zijn industrie, verkeer en bestrijdingsmiddelen. Mangaan en koper zijn meetbaar bij elke zwangere moeder of baby in de studie. Chroom kon bij 90% van de zwangere deelnemers gemeten worden.

De voornaamste factoren die een effect hebben op het gehalte van deze stoffen in de 3xG-studie zijn roken tijdens de zwangerschap en de body mass index (BMI)<sup>3</sup>.

## Impact van zware metalen op de gezondheid bij het begin van het leven

### Enkele cijfers over de moeders

Van de 301 deelneemsters woont bijna de helft in Mol (47%), Dessel en Retie zijn ongeveer even sterk vertegenwoordigd met respectievelijk 27 en 26% van de deelnemers. Net zoals in andere Vlaamse biomonitoringsstudies stellen we vast dat in de 3xG-studie de meerderheid van de moeders hoogopgeleid is; 75% van de deelnemers heeft een diploma hoger onderwijs *versus* 55,6% in Vlaanderen<sup>4</sup>. 38% van de deelnemers binnen 3xG was ouder dan 30 bij de bevalling.

De gezondheid op het gebied van allergie en vruchtbaarheid van de gemiddelde 3xG-moeder wijkt niet af van de gemiddelde Vlaamse zwangere vrouw. In Vlaanderen heeft 10% ooit astma gehad bevestigd door een arts, terwijl dit in de 3xG-studie om 6% gaat. De hooikoorts-prevalentie bedraagt in beide studies 31%. In Vlaanderen ligt dit percentage op 40% (Jaarrapport SPE, 2013<sup>5</sup>). 60% van de 3xG-vrouwen nam foliumzuur-preparaten voor de zwangerschap ten opzichte van 50% in de Vlaamse biomonitoringstudie en 36% in de JOnGI-studie<sup>6</sup>. In het eerste trimester nam tot 80% van de mama's foliumzuur in. Het aantal spontane zwangerschappen ligt in de Vlaamse biomonitoringstudie op 87% terwijl 84% van de moeders in de 3xG-studie aangeeft geen medische begeleiding nodig gehad te hebben om zwanger te worden. 24% van de vrouwen in de 3xG-studie geeft aan ooit een miskraam gehad te hebben en 26% in de Vlaamse biomonitoringstudie.

### ... en hun baby's

Het gewicht, de lengte en de hoofdomtrek van de baby bij de geboorte zijn gevoelige parameters en belangrijke indicatoren voor de gezondheid later in het leven. Baby's die te vroeg geboren worden, hebben meer kans op gezondheidsproblemen later in het leven. Zo zullen baby's met een te laag geboortegewicht in de eerste maanden van hun leven vaak een inhaalbeweging doen, en daardoor op volwassen leeftijd mogelijk meer kans hebben om zwaarlijvig te worden en chronische aandoeningen te ontwikkelen.

---

3 BMI: lichaamsgewicht (in kg) gedeeld door de lichaamslengte (in m) in het kwadraat

4 Kind & Gezin, 2009

5 H. Cammu, E. Martens, G. Martens, C. Van Mol, Y. Jacquemyn. Perinatale activiteiten in Vlaanderen 2013. Studie-centrum voor Perinatale Epidemiologie (SPE).

6 Preventie van spina bifida en andere neuralebuisdefecten door foliumzuursuppletie tijdens de zwangerschap - Huidige praktijk in Vlaanderen en beleidsaanbevelingen; Hoppenbrouwers et al., 2010.

Het gemiddelde geboortegewicht van de 3xG-baby's bedroeg 3,4 kg, exact hetzelfde als in de recente Vlaamse biomonitoringsstudie. Van alle 3xG-baby's waren er 8,3% met een laag geboortegewicht, met name bij de 10% lichtste baby's in de standaard Vlaamse bevolking ('small for gestational age (SGA)'). De voornaamste parameter die het geboortegewicht van de 3xG-baby's negatief beïnvloedde blijkt stress tijdens de zwangerschap te zijn. Baby's van moeders die aangeven stress gehad te hebben tijdens de 2<sup>e</sup> helft van de zwangerschap waren gemiddeld 480 g lichter bij de geboorte dan baby's van moeders die meestal geen stress hadden. Deze bevinding bevestigt eerdere publicaties in de wetenschappelijke literatuur (Littleton et al. 2010)<sup>7</sup>.

Daarnaast stellen we ook vast dat sommige zware metalen een effect hebben op de geboortekenmerken in de 3xG-regio. Zo was een hogere koper-gehalte geassocieerd met een lager geboortegewicht, kleinere hoofdomtrek en een kleinere geboortelengte. Ook het risico op een te kleine baby (SGA) was geassocieerd met hogere gehalten van dit metaal. Deze bevinding wordt bevestigd in de internationale literatuur (Bermudez et al., 2014)<sup>8</sup>. De koper-concentratie waarbij de foetale ontwikkeling optimaal verloopt of een zogenaamde 'veilige norm' is nog niet gekend voor de mens. Aangezien koper zowel een mogelijke pollutant als een essentiële voedingsstof is, is het momenteel nog onduidelijk of dit verhoogde koper-gehalte de oorzaak of eerder het gevolg is van foetale groei beperking.

---

7 Littleton HL, Bye K, Buck K, Amacker A. Psychosocial stress during pregnancy and perinatal outcomes: a meta-analytic review. *J Psychosom Obstet Gynaecol* 2010; 31: 219-28.

8 Bermúdez et al. J Assessment of ten trace elements in umbilical cord blood and maternal blood: association with birth weight *Transl Med* (2015) 13:291

## Conclusie

De resultaten van alle 301 deelnemende moeders en hun baby tonen een dalende trend in de tijd aan voor cadmium, arseen, lood, mangaan, koper, chroom en nikkel, behalve voor thallium. De verhoogde concentraties ten opzichte van de Vlaamse gemiddelden zijn nog niet helemaal weg.

De resultaten vergroten ook het inzicht in blootstellingsroutes van enkele zware metalen. Zo komt arseen van nature voor in de bodem en kan van daaruit in grondwater en putwater terecht komen. In de 3xG-studie is er een verband tussen gebruik van putwater voor consumptie en het arseen-gehalte in urine van de moeders, maar niet in navelstrengbloed van de baby's.

3xG onderzocht ook allergieën en vruchtbaarheid bij de moeders en deze cijfers wijken niet af van het Vlaamse gemiddelde. Om de gezondheid van de baby's te evalueren, analyseerden we de groei door parameters zoals het geboortegewicht. De voornaamste parameter die het geboortegewicht van de 3xG-baby's negatief beïnvloedde blijkt stress tijdens de zwangerschap te zijn. Daarnaast was ook een verhoogd koper-gehalte geassocieerd met een lager geboortegewicht.

De huidige gegevens zijn uniek voor de regio en zullen helpen om prioriteiten voor eventuele preventie maatregelen te onderbouwen. De gegevens vormen een wetenschappelijke ondersteuning en een stimulans om de gezondheid van de inwoners te verbeteren via acties gericht op levensstijl of omgeving van de huidige en toekomstige generaties in de regio.

## Methode en interpretatie van de gegevens

In deze studie werden gegevens verzameld over blootstelling van de moeder tijdens de zwangerschap (gemeten in urine) en blootstelling van het kind bij de bevalling. Hiervoor werden respectievelijk metingen uitgevoerd in urine bij 30-35 weken zwangerschap en in navelstrengbloed. De moeders waarvan bij de bevalling geen navelstrengbloed kon worden afgenomen, bezorgden een staal moedermelk tussen 2 en 8 weken na de geboorte. De metingen voor cadmium, chroom, nikkel en arseen werden enkel uitgevoerd in urine van de moeder. De metingen voor lood en mangaan gebeurden in navelstrengbloed of moedermelk, en de metingen voor totaal arseen, thallium en koper gebeurden zowel in urine als in navelstrengbloed/moedermelk.

Deze gegevens werden verwerkt op groepsniveau. Indien de biomerkerwaarde gekend was voor Vlaanderen, werd de gemiddelde concentratie in de 3xG-studie vergeleken met de respectievelijke waarde in de Vlaamse controlepopulatie door middel van variantieanalyse (ANOVA). Verschillen worden beschouwd als statistisch significant als  $p < 0,05$ . Bij de vergelijking van de gegevens werd er rekening gehouden (gecorrigeerd) met beïnvloedende parameters zoals leeftijd en roken. De waargenomen verschillen zijn dus niet te wijten zijn aan verschillen in leeftijd of rookgedrag van de 3xG moeders ten opzichte van de Vlaamse referentiepopulatie. Cadmium in urine werd vergeleken met de Vlaamse referentiewaarde voor niet-zwangere vrouwen in dezelfde leeftijdscategorie (20-40 jaar) uit 2008-2009. De resultaten voor arseen, thallium, lood en koper in navelstrengbloed werden vergeleken met de Vlaamse referentiewaarden gemeten bij pasgeborenen in 2014.

Voor elke biomerker die in de 3xG-studie gemeten is, is het belangrijk om te weten of de gemiddelde waarde in de 3xG-studie aanvaardbaar is binnen de termen van een goede gezondheid. Indien er gezondheidskundige richtlijnen beschikbaar zijn, wordt nagekeken welke proportie van de deelnemers een waarde boven de richtwaarde heeft.

Via meervoudige regressiemodellen werd nagegaan welke factoren het gehalte van een biomerker beïnvloeden.

## Bijlage: Gehaltes van zware metalen in 3xG

Gehaltes in navelstrengbloed*									
Biomerker	Subgroep	Aantal	% stalen met waarde boven LOD	Geometrisch gemiddelde	95% Betrouwbaarheids-interval	P50	P90	Max	Vgl met** Vlaanderen
<b>Lood (µg/L)</b>	Deelnemer 1-150	144	100	6,12	5,81 - 6,45	6,1	9,09	19,42	↓
	Deelnemer 151-301	135	100	6,11	5,76 - 6,49	6,39	9,09	16,39	-
<b>Mangaan (µg/L)</b>	Deelnemer 1-150	144	100	34,03	31,97 - 36,21	34,79	58,67	77,23	-
	Deelnemer 151-301	135	100	31,06	29,03 - 33,23	30,79	50,26	79,56	-
<b>Koper (µg/L)</b>	Deelnemer 1-150	144	100	574,7	560,6 - 589,3	575,5	663	1030	↓
	Deelnemer 151-301	135	100	554,9	541,1 - 569,0	557	657	776	-
<b>Thallium (ng/L)</b>	Deelnemer 1-150	144	100	18,31	17,24 - 19,44	18,47	28,59	64,07	↑
	Deelnemer 151-301	135	100	20,37	19,02 - 21,82	19,39	35,89	57,07	↑
<b>Arseen (µg/L)</b>	Deelnemer 1-150	144	100	0,867	0,756 - 0,994	0,831	2,558	8,428	↑
	Deelnemer 151-301	134	98,51	0,513	0,437 - 0,603	0,481	1,731	7,075	↓

Afkortingen: LOD: limit of detection (detectielimiet); P25: 25e percentiel; P50: 50e percentiel; P90: 90e percentiel; Max: maximum; Vgl: vergelijking  
 LOD Pb in navelstrengbloed = 0,04 µg/L, 0,20 µg/L, 0,28 µg/L en 0,22 µg/L; LOD Mn in navelstrengbloed = 0,12 µg/L, 0,90 µg/L en 0,15 µg/L; LOD Cu in navelstrengbloed = 1,2 µg/L, 0,17 µg/L, 0,27 µg/L en 0,47µg/L; LOD Tl in navelstrengbloed = 3 ng/L, 2 ng/L, 0,67 ng/L en 0,48 ng/L; LOD arseen in navelstrengbloed = 0,04 µg/L en 0,10 µg/L

\*Deze gemiddelde gehalten zijn gebaseerd op de ruwe waarden, er zijn geen correcties uitgevoerd.

\*\*De vergelijking van de gemiddelde concentratie van de verschillende stoffen met Vlaanderen wordt aangegeven door ↓ (lager in 3xG dan in Vlaanderen), ↑ (hoger in 3xG dan in Vlaanderen), - (geen verschil tussen 3xG en Vlaanderen) en / (geen vergelijking mogelijk). In deze vergelijkende analyse werd de waarden gecorrigeerd voor leeftijd en het rookgedrag van de moeders.

Gehaltes in urine van de moeder*									
Biomerker	Subgroep	Aantal	% stalen met waarde boven LOD	Geometrisch gemiddelde	95% Betrouwbaarheids-interval	P50	P90	Max	Vgl met** Vlaanderen
Cadmium (µg/L)	Deelnemer 1-150	150	100	0,231	0,209 - 0,255	0,214	0,492	1,844	↑
	Deelnemer 151-301	151	100	0,232	0,211 - 0,255	0,225	0,478	1,317	-
Cadmium, gestandaardiseerd voor SG (µg/L)	Deelnemer 1-150	150	100	0,415	0,382 - 0,451	0,43	0,79	4,426	/
	Deelnemer 151-301	151	100	0,38	0,354 - 0,408	0,362	0,674	1,437	
Cadmium, gestandaardiseerd voor CRT (µg/g crt)	Deelnemer 1-150	150	100	0,29	0,269 - 0,313	0,285	0,467	4,191	
	Deelnemer 151-301	151	100	0,267	0,250 - 0,285	0,256	0,476	0,792	
Chroom (µg/L)	Deelnemer 1-150	150	98	0,395	0,351 - 0,445	0,39	0,954	3,646	
	Deelnemer 151-301	151	80,79	0,353	0,309 - 0,404	0,362	0,949	3,336	
Chroom, gestandaardiseerd voor SG (µg/L)	Deelnemer 1-150	150	98	0,71	0,624 - 0,807	0,704	1,846	12,501	
	Deelnemer 151-301	151	80,79	0,578	0,507 - 0,660	0,6	1,525	9,216	
Chroom, gestandaardiseerd voor CRT (µg/g crt)	Deelnemer 1-150	150	98	0,496	0,433 - 0,567	0,498	1,315	7,012	
	Deelnemer 151-301	151	80,79	0,406	0,355 - 0,464	0,411	1,177	7,68	
Nikkel (µg/L)	Deelnemer 1-150	150	100	1,73	1,57 - 1,92	1,65	4,08	9,55	
	Deelnemer 151-301	151	100	1,7	1,55 - 1,86	1,63	3,71	7,68	
Nikkel, gestandaardiseerd voor SG (µg/L)	Deelnemer 1-150	150	100	3,12	2,84 - 3,42	3,13	7,22	25,3	
	Deelnemer 151-301	151	100	2,78	2,57 - 3,01	2,74	5,37	14,93	
Nikkel, gestandaardiseerd voor CRT (µg/g crt)	Deelnemer 1-150	150	100	2,18	1,98 - 2,39	2,07	4,52	14,19	
	Deelnemer 151-301	151	100	1,95	1,80 - 2,11	1,89	3,39	10,93	
Koper (µg/L)	Deelnemer 1-150	150	100	11,97	11,05 - 12,97	11,6	24,62	36,76	
	Deelnemer 151-301	151	100	12,94	12,01 - 13,94	13,17	22,86	34,64	
Koper, gestandaardiseerd voor SG (µg/L)	Deelnemer 1-150	150	100	21,5	20,45 - 22,61	23,01	29,74	47,1	
	Deelnemer 151-301	151	100	21,18	20,18 - 22,22	21,07	30,18	61,07	
Koper, gestandaardiseerd voor CRT (µg/g crt)	Deelnemer 1-150	150	100	15,02	14,41 - 15,66	14,68	21,24	32,5	
	Deelnemer 151-301	151	100	14,86	14,20 - 15,56	14,41	21,16	43,73	

Afkortingen: LOD: limit of detection (detectielimiet); P25: 25e percentiel; P50: 50e percentiel; P90: 90e percentiel; Max: maximum; Vgl: vergelijking; SG: soortelijk gewicht; CRT: creatinine

LOD Cd in urine = 0,01 µg/L; LOD Cr in urine=0,09 en 0,20 µg/L; LOD Ni in urine = 0,05 µg/l, 0,08 µg/l en 0,26 µg/l; LOD Cu in urine = 0,18 µg/l, 0,17 µg/l en 0,66 µg/l

\*Deze gemiddelde gehalten zijn gebaseerd op de ruwe waarden, er zijn geen correcties uitgevoerd.

\*\*De vergelijking van de gemiddelde concentratie van de verschillende stoffen met Vlaanderen wordt aangegeven door ↓ (lager in 3xG dan in Vlaanderen), ↑ (hoger in 3xG dan in Vlaanderen), - (geen verschil tussen 3xG en Vlaanderen) en / (geen vergelijking mogelijk). In deze vergelijkende analyse werd de waarden gecorrigeerd voor leeftijd, het rookgedrag van de moeders en SG van de urine.



**Gehaltes in urine van de moeder\* (Vervolg vorige bladzijde)**

Biomerker	Subgroep	Aantal	% stalen met waarde boven LOD	Geometrisch gemiddelde	95% Betrouwbaarheids-interval	P50	P90	Max	Vgl met** Vlaanderen	
<b>Thallium (µg/L)</b>	Deelnemer 1-150	150	100	0,172	0,159 - 0,187	0,175	0,319	0,522	/	
	Deelnemer 151-301	151	100	0,192	0,178 - 0,208	0,192	0,341	0,727		
<b>Thallium, gestandaardiseerd voor SG (µg/L)</b>	Deelnemer 1-150	150	100	0,309	0,293 - 0,326	0,31	0,463	0,71		
	Deelnemer 151-301	151	100	0,315	0,298 - 0,333	0,319	0,48	0,704		
<b>Thallium, gestandaardiseerd voor CRT (µg/g crt)</b>	Deelnemer 1-150	150	100	0,216	0,205 - 0,228	0,22	0,321	0,538		
	Deelnemer 151-301	151	100	0,221	0,209 - 0,234	0,228	0,334	0,464		
<b>Totaal arseen (µg/L)</b>	Deelnemer 1-150	150	100	12,16	10,18 - 14,52	9,85	51,9	597,4		-
	Deelnemer 151-301	151	100	11,22	9,39 - 13,41	9,69	51,56	798,88		↓
<b>Totaal arseen, gestandaardiseerd voor SG (µg/L)</b>	Deelnemer 1-150	150	100	21,84	18,43 - 25,89	16,75	91,5	1194,8		/
	Deelnemer 151-301	151	100	18,37	15,55 - 21,69	15,3	75,5	1597,8		
<b>Totaal arseen, gestandaardiseerd voor CRT (µg/g crt)</b>	Deelnemer 1-150	150	100	15,26	12,81 - 18,20	12,55	60,85	878,5		
	Deelnemer 151-301	151	100	12,89	10,88 - 15,28	10,9	51,4	1109,6		
<b>Toxisch relevant arseen (som)*** (µg/L)</b>	Deelnemer 151-301	151	12,58	4,34	3,94 - 4,78	4,25	8,58	34,21		
<b>Toxisch relevant arseen (som)***, gestandaardiseerd voor SG (µg/g crt)</b>	Deelnemer 151-301	151	12,58	7,11	6,55 - 7,71	7	13,17	48,38		
<b>Toxisch relevant arseen (som)***, gestandaardiseerd voor CRT (µg/g crt)</b>	Deelnemer 151-301	151	12,58	4,99	4,58 - 5,44	4,82	9,13	51,25		

Afkortingen: LOD: limit of detection (detectielimiet); P25: 25e percentiel; P50: 50e percentiel; P90: 90e percentiel; Max: maximum; Vgl: vergelijkin., SG: soortelijk gewicht; CRT: creatinine

LOD TI in urine = 0,001 µg/L, 0,002 µg/L en 0,014 µg/L; LOD totaal arseen in urine = 0,074 µg/L en 0,04 µg/L; LOD toxisch relevant arseen in urine = niet van toepassing: som-parameter;

\*Deze gemiddelde gehalten zijn gebaseerd op de ruwe waarden, er zijn geen correcties uitgevoerd.

\*\*De vergelijking van de gemiddelde concentratie van de verschillende stoffen met Vlaanderen wordt aangegeven door ↓ (lager in 3xG dan in Vlaanderen), ↑ (hoger in 3xG dan in Vlaanderen), - (geen verschil tussen 3xG en Vlaanderen) en / (geen vergelijking mogelijk). In deze vergelijkende analyse werd de waarden gecorrigeerd voor leeftijd, het rookgedrag van de moeders en SG van de urine.

\*\*\*De meetmethode voor toxisch relevant arseen verschilt van deze gerapporteerd bij de eerste 150 deelnemers. De referentiewaarden voor deze eerste deelnemersgroep zijn destijds beschreven en kunnen niet kwantitatief vergeleken worden met bovenstaande waarden (zie rapport 3xG: Milieu en Gezondheid in Dessel, Mol en Retie – Resultaten van de eerste 150 deelnemers, 2013).

Gehaltes in moedermelk*									
Biomerker	Subgroep	Aantal	% stalen met waarde boven LOD	Geometrisch gemiddelde	95% Betrouwbaarheids-interval	P50	P90	Max	Vgl met Vlaanderen
Cadmium (µg/L)	Deelnemer 1-150	32	96,88	0,048	0,039 - 0,059	0,049	0,086	0,1	/
	Deelnemer 151-301	18	50	0,018	0,012 - 0,027	0,016	0,055	0,072	
Lood (µg/L)	Deelnemer 1-150	32	96,88	0,174	0,124 - 0,245	0,173	0,392	2,274	/
	Deelnemer 151-301	18	77,78	0,206	0,106 - 0,402	0,225	1,206	1,425	
Mangaan (µg/L)	Deelnemer 1-150	32	100	2,465	2,211 - 2,749	2,39	3,92	4,71	/
	Deelnemer 151-301	18	100	2,19	1,741 - 2,756	1,985	4,95	5,57	
Koper (µg/L)	Deelnemer 1-150	32	100	532,949	490,652 - 578,89	542,5	698	1056	/
	Deelnemer 151-301	18	100	510,496	446,953 - 583,07	529	773	832	
Thallium (µg/L)	Deelnemer 1-150	32	100	0,041	0,037 - 0,046	0,041	0,06	0,075	/
	Deelnemer 151-301	18	100	0,025	0,019 - 0,033	0,028	0,056	0,059	
Arseen (µg/L)	Deelnemer 1-150	32	96,88	0,253	0,173 - 0,372	0,222	0,877	3,423	/
	Deelnemer 151-301	18	100	0,241	0,166 - 0,349	0,209	0,709	1,1	

Afkortingen: LOD: limit of detection (detectielimiet); P25: 25e percentiel; P50: 50e percentiel; P90: 90e percentiel; Max: maximum; Vgl: vergelijking  
 LOD Pb in moedermelk = 0,04 µg/L en 0,06 µg/L; LOD Mn in moedermelk = 0,12 µg/L, 0,90 µg/L en 0,04 µg/L; LOD Cu in moedermelk = 1,2 µg/L en 0,17 µg/L; LOD Tl in moedermelk = 3 ng/L en 2 ng/L; LOD arseen in moedermelk = 0,04 µg/L en 0,02 µg/L

\*Deze gemiddelde gehalten zijn gebaseerd op de ruwe waarden, er zijn geen correcties uitgevoerd.