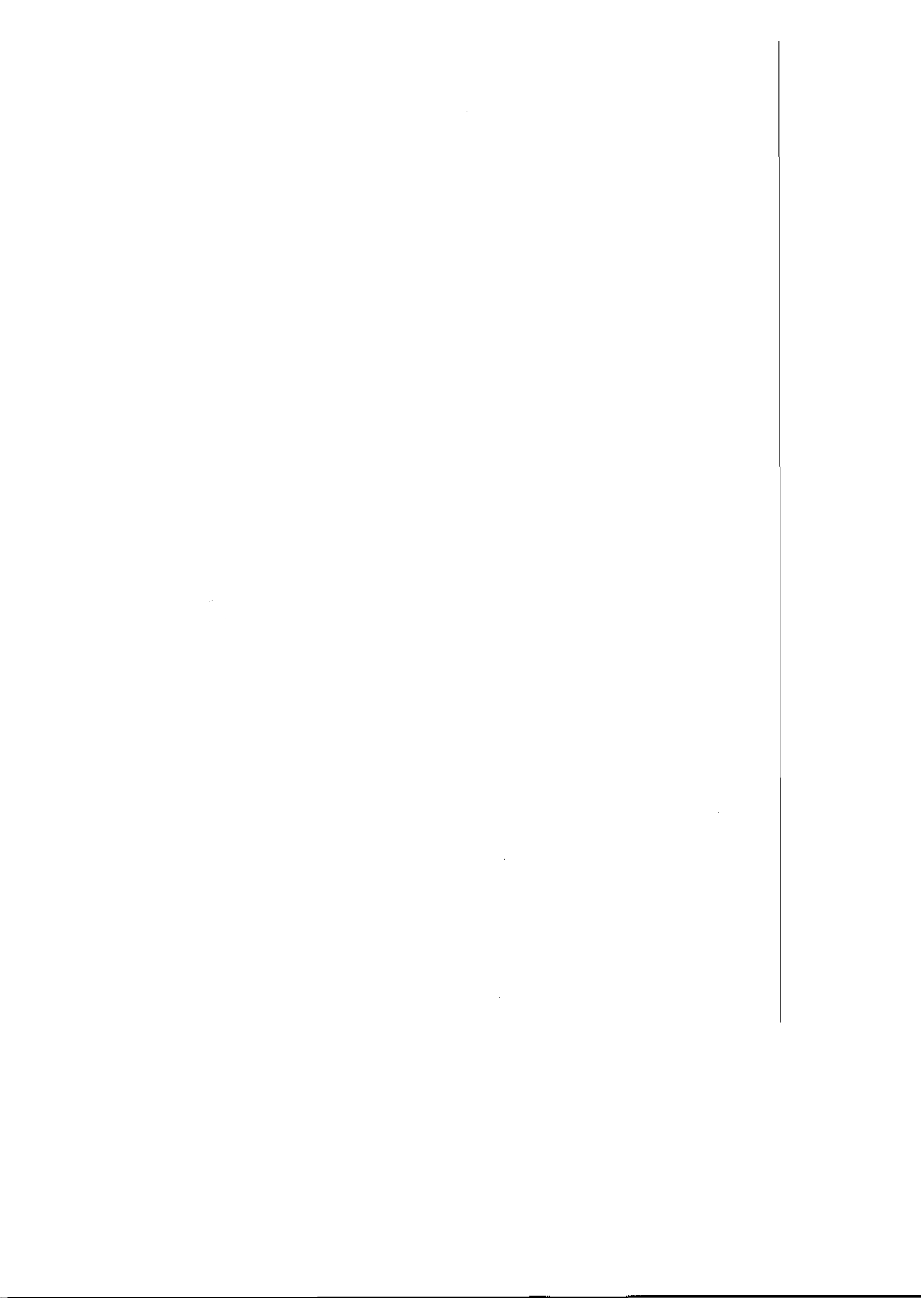

Lood in drinkwater



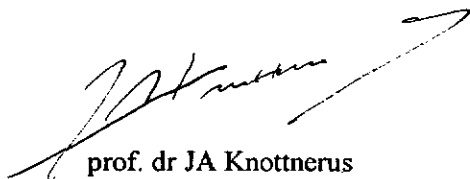


Aan de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport
Postbus 5406
2280 HK RIJSWIJK

Onderwerp : aanbieding advies
Uw kenmerk : DGV/BMO U-95388
Ons kenmerk : 1406/95/HGMB/cf 529-U
Bijlagen : 1
Datum : 28 april 1997

In uw brief van 10 maart 1995, nr. DGV/BMO U95388, vroeg u, mede namens de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, om een oordeel over de normstelling voor lood in drinkwater. De daartoe door mij ingestelde commissie heeft zich van haar taak gekweten. Het resultaat van de beraadslagingen in de commissie bied ik u - gehoord de Beraadsgroepen Toxicologie, Voeding, en Omgevingsfactoren & Gezondheid - hierbij aan.

Ik moge onder uw aandacht brengen dat, alhoewel in de afgelopen jaren de algehele loodblootstelling voor de bevolking is afgenomen, zuigelingen in specifieke omstandigheden nog steeds een risicogroep vormen. Uit de bevindingen van de commissie blijkt dat zuigelingen die flesvoeding krijgen en wonen in huizen met loden drinkwaterleidingen een loodblootstelling kunnen ondervinden die gezondheidskundig te hoog wordt geacht. De aanbevelingen van de commissie om te komen tot verlaging van de blootstelling via drinkwater wil ik daarom gaarne ondersteunen.



prof. dr JA Knottnerus



Lood in drinkwater

Gezondheidsraad: Commissie Lood in drinkwater

aan

de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

Nr 1997/07, Rijswijk 28 april 1997

Dit advies kan als volgt worden aangehaald:

Gezondheidsraad: Commissie Lood in drinkwater. Lood in drinkwater. Rijswijk: Gezondheidsraad, 1997; publicatie nr 1997/07.

auteursrecht voorbehouden

ISBN: 90-5549-159-4

Inhoud

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen 9

-
- 1 Inleiding 13
 - 1.1 Historisch perspectief 13
 - 1.2 Lood in leidingwater 14
 - 1.3 De adviesaanvraag van de minister van VROM 15
 - 1.4 Commissie en opzet van dit advies 16
 - 2 Blootstelling aan lood in Nederland 17
 - 2.1 Bronnen van uitwendige blootstelling 17
 - 2.1.1 Lucht 17
 - 2.1.2 Bodemdeeltjes en huisstof 18
 - 2.1.3 Voeding 18
 - 2.1.4 Drinkwater 19
 - 2.1.5 Andere bronnen 20
 - 2.2 Blootstelling van zuigelingen 20
 - 2.3 Blootstelling van kinderen en volwassenen 24
 - 3 Gezondheidseffecten van blootstelling aan lood 29
 - 3.1 Kinetiek, inwendige blootstelling 29
 - 3.2 Gezondheidseffecten bij kinderen 31
 - 3.3 Gezondheidseffecten bij volwassenen 32
-

3.4	Conclusie	32
<hr/>		
4	Beïnvloeding van de blootstelling aan lood via drinkwater	35
4.1	Effectieve methode	35
4.2	Methoden waarvan de effectiviteit twijfelachtig is	36
4.3	Niet effectieve methode	37
4.4	Voorlichting	37
<hr/>		
5	Beantwoording van de adviesaanvraag	39
<hr/>		
	Literatuur	43
<hr/>		
	Bijlagen	47
A	De adviesaanvraag	49
B	De commissie	53
C	Loodafgifte door drinkwaterleidingsystemen	55
D	Lood in de voeding	57
E	Grootte van de risicogroep	67
<hr/>		
	Engelse vertaling	69

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

In het voorliggende advies beantwoordt de Commissie 'Lood in drinkwater' van de Gezondheidsraad vragen van de Minister van VROM. Aanleiding tot die vragen vormen de door de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) voorgestelde verlaging van de norm voor lood in drinkwater en het voornemen van de Europese Unie (EU) deze norm binnen de EU verplicht te stellen. Volgens een ontwerp-richtlijn zou binnen vijf jaar de loodconcentratie in het drinkwater uit de kraan bij de consument thuis moeten voldoen aan de norm van 25 microgram per liter ($\mu\text{g/l}$) en binnen 15 jaar een waarde van 10 $\mu\text{g/l}$ niet mogen overschrijden. De vigerende norm voor lood in drinkwater in Nederland is 50 $\mu\text{g/l}$.

Bij het afleiden van de genoemde drinkwaternorm van 10 μg lood per liter drinkwater is de WHO uitgegaan van een maximaal te aanvaarden blootstelling aan lood van 25 microgram per kilogram lichaamsgewicht ($\mu\text{g/kg lg}$) per week ofwel gemiddeld 3,5 $\mu\text{g/kg lg}$ per dag. De WHO noemt deze waarde de 'provisional tolerable weekly intake' ofwel de PTWI. Deze waarde geldt voor ieder lid van de bevolking, dus ook zuigelingen. Uit onderzoek bij zuigelingen is gebleken dat bij een blootstelling boven de PTWI de lood-in-bloedwaarden stijgen en dat er een aanmerkelijke accumulatie van lood in het lichaam optreedt. Dit beschouwde de WHO als ongewenst voor de gezondheid.

De commissie acht, evenals de WHO, een stijging van lood-in-bloedwaarden en accumulatie van lood in het lichaam, ongewenst. Zij onderschrijft daarom de zienswijze dat een loodblootstelling niet hoger zou moeten zijn dan de PTWI. De commissie vindt het onmogelijk, op grond van de huidige stand van wetenschap, met zekerheid

een lood-in-bloedwaarde aan te geven waarbeneden geen nadelige gezondheidseffecten zijn te verwachten. Zij vindt het wel bewezen dat schade op het neurologisch of cognitief vlak kan ontstaan bij een loodblootstelling die lood-in-bloedwaarden van 100 $\mu\text{g/l}$ of hoger tot gevolg heeft.

Om de bijdrage van de loden drinkwaterleidingen tot de loodblootstelling van de Nederlandse bevolking in kaart te brengen heeft de commissie, gebruik makend van gegevens over de loodconcentraties in de lucht, de voeding en het drinkwater, de totale loodblootstelling geschat.

Het drinkwater dat in Nederland door de drinkwaterbedrijven vanaf het pompstation wordt geleverd heeft door de bank genomen een loodconcentratie van ongeveer 1 $\mu\text{g/l}$. Van grote invloed op de uiteindelijke concentratie lood in het drinkwater bij de consument thuis is het materiaal van de tussenliggende drinkwatertransportleidingen. Is sprake van aanvoer via loden aansluitleidingen dan wel een loden drinkwaterinstallatie, dan acht de commissie een loodconcentratie in het leidingwater bij de consument thuis van 35 $\mu\text{g/l}$, representatief.

Het blijkt dat de voeding, daarbij inbegrepen het drinkwater, de voornaamste bron van loodinnname vormt: mogelijk geldt dit niet voor mensen met bepaalde beroepen. Als de loodconcentratie in het drinkwater 10 $\mu\text{g/l}$ bedraagt, neemt naar schatting de bevolking van één jaar en ouder wekelijks ongeveer 3,5 μg lood per kilogram lichaamsgewicht in. Zou de loodconcentratie in drinkwater 35 $\mu\text{g/l}$ bedragen dan is dit cijfer 7 μg lood per kilogram lichaamsgewicht. De bijdrage van het drinkwater aan de totale blootstelling bedraagt respectievelijk ongeveer 30% en 60%.

Zuigelingen (kinderen tot de leeftijd van één jaar) ondervinden gemiddeld genomen een hogere blootstelling aan lood per kilogram lichaamsgewicht dan andere leden van de bevolking. Dit is voornamelijk het gevolg van hun relatief grote energiebehoefte per kilogram lichaamsgewicht. Krijgt een zuigeling borstvoeding of flesvoeding met een gemiddelde loodconcentratie van 10 $\mu\text{g/l}$, dan is de wekelijkse loodblootstelling ongeveer 7 μg per kilogram lichaamsgewicht. Wordt flesvoeding gegeven met een loodconcentratie van 35 $\mu\text{g/l}$, dan varieert de gemiddelde wekelijkse loodblootstelling van de zuigeling in de eerste zes maanden tussen 24,5 en 38,5 μg per kilogram lichaamsgewicht en bedraagt ze in de zesde tot en met twaalfde maand ongeveer 21 μg per kilogram lichaamsgewicht per week.

De commissie constateert dat één bevolkingscategorie de door de WHO aanbevolen PTWI overschrijdt: de zuigeling die in de eerste zes maanden wordt gevoed met flesvoeding aangemaakt met drinkwater uit loden drinkwaterleidingen met een geschatte loodconcentratie van 35 $\mu\text{g/l}$. Naar schatting staan daardoor in ons land jaarlijks ongeveer 11 000 zuigelingen voor korte of langere tijd via flesvoeding bloot aan

loodconcentraties die de PTWI overschrijden. De commissie baseert deze schatting op het aantal huishoudens met een loden aansluitleiding of drinkwaterinstallatie en het percentage zuigelingen dat flesvoeding krijgt.

Om te voorkomen dat zuigelingen via flesvoeding blootstaan aan loodconcentraties die de PTWI overschrijden, adviseert de commissie de normverlaging zoals voorgesteld door de WHO, over te nemen. Dit betekent een verlaging van de norm tot 10 µg/l. Zij is van mening dat bij handhaving van de vigerende norm en daardoor het toestaan van de loodconcentratie in het drinkwater uit loden leidingen, de lood-in-bloedwaarden kunnen stijgen tot waarden (afhankelijk van de blootstelling van het kind tijdens de zwangerschap en de duur en mate van overschrijding van de PTWI) waarbij aangetoond is dat schade op neurologisch of cognitief vlak kan ontstaan.

De commissie acht sanering van de loden drinkwaterleidingen de meest effectieve aanpak om de loodconcentraties in drinkwater tot onder het gewenste niveau terug te dringen. Volgens de plannen van de drinkwaterbedrijven zullen de resterende loden aansluitleidingen voor het jaar 2000 zijn vervangen door leidingen van niet-loodafgevend materiaal. De sanering van loden drinkwaterinstallaties zal waarschijnlijk meer tijd vergen. Tot die tijd vindt de commissie voorlichting aan ouders van zuigelingen die hun kind flesvoeding (willen) geven én wonen in een huis waar het drinkwater, bestemd voor de aanmaak van de flesvoeding, wordt aangevoerd door loden drinkwaterleidingen (aansluitleidingen of drinkwaterinstallaties) gewenst. Daar het overheidsbeleid is de bevolking te voorzien van drinkwater dat de gezondheid niet schaadt, vindt de commissie het in de lijn van verwachting liggen dat de overheid de panden met loden leidingen identificeert en de bewoners benadert, bij voorkeur nog voor de geboorte van een kind. Nadat de overheid de consumenten heeft ingelicht over de aanwezigheid van loden drinkwaterleidingen kan zij tevens de doelgroep specifiek benaderen met informatie over methoden die een lagere loodblootstelling voor de zuigeling tot gevolg hebben. Dit kan, bijvoorbeeld, via de vroedvrouw, de kraamzorg en het consultatiebureau voor zuigelingen. Verder moet bestaand voorlichtingsmateriaal van, bijvoorbeeld, de Inspectie voor de Gezondheid en het Voorlichtingsbureau voor de Voeding en de voorschriften op de verpakkingen van zuigelingenvoeding, worden aangepast.

De commissie pleit verder voor onderzoek naar het, overigens verboden gebruik van loodhoudend soldeer bij de aanleg van koperen drinkwaterinstallaties. Zij stelt voor om dit onderzoek te combineren met onderzoek naar de loodafgifte door andere materialen die worden gebruikt bij de aanleg van drinkwaterinstallaties, zoals polyvinylchloride (PVC), messing en brons.

Inleiding

1.1 Historisch perspectief

Beschrijvingen van gezondheidseffecten van blootstelling aan lood bestaan al meer dan 2000 jaar. In 200 v. Chr. deed de Griekse dichter en geneesheer Nicander verslag van klassieke symptomen van loodvergiftiging als loodkoliek, constipatie, gelaatsbleekheid en verlamningsverschijnselen (ALS94). De verschijnselen die Nicander beschrijft, doen zich voor bij relatief hoge blootstellingsniveaus. Dergelijke niveaus komen in Nederland in het algemeen niet in het milieu en de leefomgeving voor. In bijzondere gevallen, bijvoorbeeld in bepaalde arbeidssituaties, zijn ze nog mogelijk.

In 1908 boog een commissie van de Centrale Gezondheidsraad zich over het verschijnsel van loodafgifte aan het leidingwater in loden leidingen. Men was zich bewust van mogelijke gezondheidsschade door blootstelling aan lood en vroeg zich af of de blootstelling via leidingwater deze effecten kon veroorzaken. Die commissie beschreef de factoren die van invloed zijn op de afgifte van lood aan het leidingwater en op de resulterende loodconcentraties in het water. Ter voorkoming van het drinken van water met te hoge loodconcentraties, adviseerde zij bij de aanleg van leidingen gebruik te maken van loden buizen voorzien van een inwendige coating. Tevens werd geadviseerd vóór consumptie de leiding gedurende een bepaalde tijd door te spoelen (GR08).

Op grond van een geval van loodvergiftiging in Helden-Panningen en resultaten van experimenteel onderzoek met een aantal vrijwilligers, stelde een andere commissie van de Gezondheidsraad in 1941 met het oog op gezondheidsbescherming een maximaal toelaatbare concentratie lood in drinkwater voor: 300 microgram per liter ($\mu\text{g/l}$)

(GR41). In 1958 adviseerde de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), in de eerste versie van de 'International Standards for Drinking Water', een drinkwaternorm voor lood van 100 µg/l. Een later advies van de WHO (1984) is de basis geweest voor de thans in ons land vigerende norm van 50 µg/l. De WHO stelde dat bij een loodconcentratie in het drinkwater van 50 µg/l of minder, de toen voor volwassenen en kinderen aangehouden 'provisional tolerable weekly intake' (PTWI) van 50 µg/kilogram lichaamsgewicht per week (µg/kg lg per week) niet wordt overschreden (Qui90).

In 1993 adviseerde de WHO voor lood in drinkwater een maximumconcentratie van 10 µg/l. Bij het afleiden van deze norm ging men ervan uit dat de blootstelling van zuigelingen aan lood niet hoger mag zijn dan 25 µg/kg lg per week. Deze PTWI-waarde is door een gezamenlijke werkgroep van de WHO en de Food and Agriculture Organization (FAO), de 'Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives' (JECFA) afgeleid op basis van de resultaten van kinetisch onderzoek (WHO86a, WHO87). Uit dat onderzoek bleek dat een blootstelling aan lood van ten minste 5 µg/kg lg per dag leidt tot een toename van de loodconcentraties in het bloed en tot een accumulatie van lood tot hogere concentraties in het lichaam dan in het geval van doses tussen 3 en 4 µg/kg lg per dag. Bij een dergelijke blootstelling blijven bovendien de lood-in-bloedwaarden constant. Bij het vaststellen van de nieuwe drinkwaternorm ging men vervolgens uit van een zuigeling van 5 kg die de helft van de dagelijkse portie lood binnenkrijgt via flesvoeding die is aangemaakt met 0,75 liter water. Zo'n zuigeling zou via de flesvoeding maximaal aan 25 µg/kg lg per week (ofwel 3,5 µg/kg lg per dag) mogen blootstaan, waaruit volgt dat het drinkwater ongeveer 10 µg lood per liter mag bevatten. Door de nieuwe norm te richten op een groep met een verhoogd risico, i.c. zuigelingen, beoogde de WHO de gehele populatie te beschermen tegen nadelige gezondheidseffecten van lood (WHO93). Deze benadering mag uniek genoemd worden, daar van geen andere stof bekend is dat bij het vaststellen van een maximale blootstelling wordt uitgegaan van onderzoeksresultaten met zuigelingen.

1.2 Lood in leidingwater

Water dat in Nederland thuis aan de kraan wordt afgetapt, draagt het keurmerk 'drinkwater'. Volgens het Waterleidingbesluit moet dit leidingwater van zodanige kwaliteit zijn dat het niet nadelig is voor de volksgezondheid. De Nederlandse drinkwaterbedrijven leveren jaarlijks ongeveer 1,3 miljard kubieke meter drinkwater aan zes miljoen huishoudens (Hov95). Dat gebeurt via een stelsel van transport-, distributie- en dienstleidingen (aansluitleidingen genoemd) dat door de waterleidingbedrijven wordt beheerd en via binnenleidingen (drinkwaterinstallaties genoemd) die eigendom zijn van de woningeigenaar. De materialen van het leidingstelsel bepalen, afhankelijk van de

kwaliteit van het doorgevoerde water, mede de samenstelling van het leidingwater bij de consument thuis.

De hoofd- en distributieleidingen van de waterleidingbedrijven in Nederland bestaan in hoofdzaak uit polyvinylchloride (PVC), asbest-cement en gietijzer. De gemiddelde loodconcentratie van drinkwater bij de drinkwaterproductiestations bedraagt over het algemeen minder dan 1 µg/l, met maxima van 10 µg/l (Ver92). De loodconcentraties in het drinkwater bij de consument kunnen hoger zijn dan die op het productiestation. Dit hangt af van het materiaal waarmee het leidingwater in contact komt tijdens het transport van het productiestation tot voorbij de kraan van de consument thuis. De particuliere drinkwaterinstallaties kunnen bijvoorbeeld van lood zijn, de meest voorkomende materialen echter zijn koper en in mindere mate, kunststof. Het gebruik van loden leidingen en loodhoudend soldeer bij de aanleg van koperen drinkwaterleidingen verhoogt de loodconcentraties in het doorgevoerde water. Loden leidingen vindt men vooral in leidingensystemen van vóór 1945. Het gebruik van loodhoudend soldeer is door de drinkwaterbedrijfstak sinds 1 maart 1995 verboden. Andere materialen die bij de aanleg van drinkwaterinstallaties worden gebruikt, zoals PVC (met loodzouten als stabilisator), messing en brons, kunnen eveneens lood aan het leidingwater afgeven. De mate van afgifte lijkt echter klein in vergelijking tot de afgifte door loden leidingen.

Op grond van een recente inventarisatie van de samenstelling van het Nederlandse drinkwaterleidingennet, heeft men het aantal nog in gebruik zijnde loden drinkwaterinstallaties en aansluitleidingen geschat op respectievelijk 450 000 en 393 000. Dit komt neer op ongeveer 7,5% van het totale aantal drinkwaterinstallaties en ongeveer 6,5% van het totale aantal aansluitleidingen. Volgens de plannen van de waterleidingbedrijven zijn de meeste loden aansluitleidingen vóór het jaar 2000 gesaneerd, een enkele uiterlijk vóór 2005 (DGM96, VEW94).

1.3 De adviesaanvraag van de minister van VROM

Rekening houdend met het advies van de WHO (zie 1.1) heeft de Europese Commissie voor lood in drinkwater een concept-richtlijn opgesteld. In verband met de daarin voorgestelde nieuwe norm van 10 µg/l die (bij het van kracht worden van de richtlijn) in ons land zou moeten worden gehanteerd, heeft de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) door tussenkomst van de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) op 10 maart 1995 de Gezondheidsraad gevraagd haar te informeren over de huidige stand van wetenschap met betrekking tot de risico's van lood in drinkwater. De volledige tekst van de adviesaanvraag is opgenomen in bijlage A.

De minister vraagt in eerste instantie of de loodblootstelling vanuit gezondheidskundig oogpunt te hoog is. Zou de gezondheid beter gewaarborgd zijn door het vervangen van de vigerende norm van 50 µg/l door de nu voorgestelde van 10 µg/l? Ook wil de minister weten of de blootstelling via leidingwater specifieke groepen in de samenleving treft. Het tweede element omvat de vraag naar maatregelen die men kan nemen ter voorkóming van loodblootstelling. De minister noemt mogelijkheden als versnelde sanering van loden leidingen, het instellen van een gebruiksverbod op loodhoudend soldeer of het aanbrengen van een 'loodvrij' tappunt in huis.

1.4 Commissie en opzet van dit advies

Ter beantwoording van de vragen van de minister heeft de voorzitter van de Gezondheidsraad de commissie 'Lood in drinkwater' geïnstalleerd, hierna te noemen 'de commissie'. De samenstelling van de commissie is vermeld in bijlage B. Met het uitbrengen van het voorliggende advies kwijt de commissie zich van haar taak.

In hoofdstuk 2 bespreekt de commissie de blootstelling aan lood en het aandeel van drinkwater daarin, van de bevolking als geheel en van risicogroepen. Hoofdstuk 3 biedt een beschrijving van mogelijke nadelige gezondheidseffecten bij verschillende niveaus van blootstelling. In hoofdstuk 4 beschouwt de commissie mogelijkheden ter verlaging van de loodblootstelling. Ter afsluiting beantwoordt zij in hoofdstuk 5 de vragen van de minister expliciet.

Blootstelling aan lood in Nederland

2.1 Bronnen van uitwendige blootstelling

2.1.1 Lucht

In Nederland is het lood (in de vorm van anorganische loodverbindingen) in de lucht voornamelijk afkomstig van de verbranding van loodhoudende benzine in het verkeer. Door de geleidelijke beëindiging van het gebruik van loodhoudende benzine zal deze vorm van looduitstoot naar verwachting in het jaar 2010 zijn verdwenen (CCR95). Van Wijnen en collega's vergeleken (mediane) lood-in-bloedwaarden van één- tot zesjarige kinderen in eind jaren zeventig met die van kinderen in begin jaren negentig en vonden een algemene daling van deze waarden met meer dan 50%. Zij brengen deze daling in verband met de invoering van loodarme en loodvrije benzine (Wij96). Brunekreef toonde al eerder, aan de hand van metingen in stedelijk gebied, aan dat het verkeer een belangrijke invloed heeft op de loodblootstelling (Bru85). Andere bronnen van lood in de lucht zijn: de (metaal)industrie, elektriciteitscentrales en afvalverbrandingsinstallaties.

De jaargemiddelde loodconcentratie in de buitenlucht in Nederland* was in 1993 0,035 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In steden met veel verkeer en industriële activiteiten is de gemiddelde concentratie hoger. Sinds 1994 blijkt in dergelijke omstandigheden op trottoirhoogte

* In Nederland mag de jaarlijkse mediane loodconcentratie in de lucht niet hoger zijn dan 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en het 98-percentiel per etmaal niet hoger dan 2,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Sch94).

het jaargemiddelde echter niet meer boven $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uit te komen. In de binnenlucht kunnen verhoogde loodconcentraties worden veroorzaakt door roken (CCR95).

2.1.2 Bodemdeeltjes en huisstof

De bodem wordt vooral door depositie van lood-aerosolen *diffuus* belast met lood (als gevolg van verkeers- en industriële emissie) en *lokaal* door stort (en soms verwaaiing van gestort materiaal) van afval, slakken en vliegas van vuilverbrandingsinstallaties en steenkoolverbranders. Doordat lood zich hecht aan bodemdeeltjes, spoelt het slechts in geringe mate uit en hoopt het zich in de bodem op. De loodconcentraties in bodems van Nederlandse natuurgebieden variëren afhankelijk van de textuur en het gehalte organische stof (CCR90). In 1993 werden concentraties gemeten tussen de 8 en 127 milligram per kilogram droge stof (mg/kg ds). In vijftien landelijke gemeenten is in de periode 1986-1990 de loodconcentratie in de bodem van 'niet-verdachte' terreinen, gemiddeld over alle bodemtypes, bepaald op 27 mg/kg ds (CCR95). Als gevolg van lokale industrie en de verkeersuitstoot kan vooral de bodem en het straatstof in stedelijk gebied vervuild zijn met lood. De loodconcentratie in bodemmonsters in Arnhem, bijvoorbeeld, varieerden in 1994 tussen 15 en 925 mg/kg ds (Die94). In een drietal Rotterdamse straten, verschillend in drukte, werden (in 1994) geometrisch gemiddelde loodconcentraties in het straatstof gevonden van respectievelijk 556, 976 en 2346 $\mu\text{g}/\text{g}$ ds. Er bestond geen eenduidigheid over de herkomst van het lood in het straatstof (Kla97). Buiten stedelijke gebieden doen zich verhoogde loodconcentraties in de bodem voor op plaatsen als wegbermen, schietterreinen, bedrijfsterreinen, uiterwaarden en locaties waar havenslib is opgebracht (CCR95).

Stof binnenshuis bestaat niet alleen uit bodemdeeltjes of straatstof maar ook uit, onder meer, resten van vloerbedekking, haren en afgebladderde verfdeeltjes. Vooral bij gebruik van loodhoudende verf kunnen de concentraties sterk oplopen; in de Verenigde Staten wordt dit als een ernstig probleem beschouwd (EPA94). Verscheidene onderzoekers hebben een verband gevonden tussen de loodconcentraties in huisstof en de lood-in-bloedwaarden. Landrigan en collega's, bijvoorbeeld, vonden een dergelijke relatie in een populatie waarin de lood-in-bloedwaarden niet hoger waren dan 200 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Lan96). De commissie verwacht dat verfdeeltjes in het huisstof in Nederland slechts een kleine bijdrage leveren aan het totale loodgehalte in het stof, omdat het gebruik van loodhoudende verf sinds de jaren zeventig in ons land verboden is.

2.1.3 Voeding

De loodblootstelling via de voeding is sterk afhankelijk van het soort voedsel en het eetpatroon. Beide zijn op hun beurt weer afhankelijk van de leeftijd van de consument.

Zuigelingen, bijvoorbeeld, krijgen hoofdzakelijk moedermelk en flesvoeding*. Na ongeveer zes maanden wordt de melkvoeding in toenemende mate gecombineerd met bijvoeding (Bra93). De samenstelling van het voedsel van peuters vanaf één jaar lijkt qua samenstelling in toenemende mate op die van het voedsel van volwassenen.

Het loodgehalte in voedingsmiddelen is onder meer afhankelijk van de lokale omstandigheden waaronder voedingsgewassen worden geteeld en vee wordt gehouden. Factoren als bodemgesteldheid, luchtverontreiniging en loodgehalten in het veevoer, alsmede de aanwezigheid van lood in verpakkingsmateriaal en kookgerei, bepalen mede wat mensen uiteindelijk aan lood 'op hun bord' krijgen. In Nederland worden, in verschillende kwaliteitbewakingsprogramma's, de gehalten van bepaalde stoffen in agrarische producten gemeten. Daardoor zijn loodconcentraties bekend in bijvoorbeeld thee, tarwe, groenten, vis, gevogelte en dierlijke organen (Kla95).

2.1.4 Drinkwater

Zoals in 1.2 is opgemerkt, heeft het drinkwater dat in de meeste voorzieningsgebieden in Nederland wordt aangeleverd gemiddeld over het jaar een loodconcentratie van ten hoogste 1 µg/l. De uiteindelijke concentratie lood in het drinkwater bij de consument thuis hangt af van de wisselwerking tussen het leidingwater en het materiaal van het drinkwaterleidingennet. Lood komt in het water vooral voor in deeltjesvorm en in complexvorm met carbonaten en hydroxyl-ionen (Ver92). In een zuur milieu, zoals dat in de maag heerst, dissociëren deze verbindingen en komen loodionen vrij.

De wisselwerking tussen loden leidingen en het doorgevoerde leidingwater kan resulteren in loodconcentraties in het water van ettelijke honderden µg/l. De mate van verhoging van de loodconcentratie in het leidingwater wordt onder meer bepaald door de verblijftijd van het water in de leidingen (na 12 uren stilstand heeft de loodconcentratie in het water circa 90% van de verzadigingswaarde bereikt), de temperatuur, de zuurgraad en het bicarbonaatgehalte van het water, de lengte en diameter van de leidingen en of deze al dan niet aan de binnenzijde een afschermend laagje hebben (Hov86a). De commissie acht 35 µg/l een representatieve waarde voor de over een dag gemiddelde loodconcentratie in het leidingwater dat wordt aangevoerd via loden drinkwaterleidingen (aansluitleidingen of drinkwaterinstallaties). Zij baseert zich op uitkomsten van de 'loden-buizenproef' (zie bijlage C) en bepalingen van de gemiddelde loodconcentratie in monsters kraanwater bij de consument.

* Flesvoeding kan bestaan uit kant-en-klare flesvoeding en uit aangelengde flesvoeding. Onder aangelengde flesvoeding verstaat de commissie het product dat ontstaat door zuigelingenvoeding in poedervorm (zowel volledige als opvolg-zuigelingenvoeding) op te lossen in drinkwater. Afgekolfde melk die met behulp van de fles wordt gegeven, rekent de commissie niet tot flesvoeding.

Leidingsystemen waarin loodhoudend soldeer is toegepast, kunnen vooral in de eerste maanden na aanleg aanzienlijke concentraties lood afgeven aan het leidingwater. De loodconcentraties in het water kunnen in die periode overeenkomen met de concentraties in drinkwater uit loden leidingsystemen. Afhankelijk van de mate waarin en de wijze waarop loodsoldeer is gebruikt, zal de grootste loodafgifte na enkele jaren voorbij zijn en zal de gemiddelde loodconcentratie dan niet hoger zijn dan 10 µg/l (Fre89, Lee89).

De loden leidingen die in Nederland nog vóórkomen, vindt men vooral in de oude binnensteden van Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Groningen (DGM96). Veel drinkwaterbedrijven in voorzieningsgebieden met water met een hoog loodoplossend vermogen en loden drinkwaterleidingen hebben een drinkwaterconditioneringsprogramma gestart. Door een combinatie van verlaging van het zuurgehalte en ontharding door verlaging van het bicarbonaatgehalte wisten zij de loodconcentraties in het drinkwater tot beneden de 50 µg/l terug te dringen (Hov95, Tie95, Ver92). In Schotland hebben drinkwaterbedrijven eenzelfde resultaat bereikt, waardoor binnen twee jaar de gemiddelde lood-in-bloedwaarden significant daalden (NRC93). Onderzoek in Glasgow, Groningen en Haarlem heeft aangetoond dat de aanwezigheid van loden drinkwaterleidingen in verband staat met verhoogde lood-in-bloedwaarden (Dui97, Min97, Wat96).

2.1.5 *Andere bronnen*

Gebruiksvoorwerpen van kristal of aardewerk afgewerkt met loodglazuur en loodgesoldeerde blikken, pannen of ketels kunnen lood afgeven aan voedselproducten of dranken. Consumptie van deze voedingsmiddelen of dranken betekent dan een verhoogde blootstelling aan lood (WHO96). DeMejia en collega's toonden aan dat het soort van voedsel en de wijze van bereiding van invloed is op het vrijkomen van lood uit loodgeglazuurd servies. Bereiding van relatief 'zuur' voedsel in genoemd servies leidde tot verhoogde lood-in-bloedwaarden (Mej97). Het in de mond nemen van voorwerpen waarin loodverbindingen zijn verwerkt, of die beschilderd zijn met loodhoudende verf of bedekt met loodhoudend (huis)stof, kan eveneens een verhoogde blootstelling aan lood inhouden.

2.2 **Blootstelling van zuigelingen**

De blootstelling van een zuigeling (leeftijd tot één jaar) vindt voornamelijk plaats via de voeding. Omdat zuigelingen en kinderen in het algemeen, per kilogram lichaamsgewicht een hogere energiebehoefte hebben dan volwassenen krijgen zij per kilogram lichaamsgewicht meer voedsel en inademingslucht binnen. Kinderen kunnen daardoor

verhoudingsgewijze verhoogd aan lood blootstaan. Oraal ingenomen lood wordt bovendien door kinderen in hogere mate in de darmen geabsorbeerd dan door volwassenen (zie 2.4).

De voeding van een zuigeling bestaat voor een belangrijk deel uit melk die ofwel via de borst ofwel via de fles wordt gegeven. Uit cijfers (1995) blijkt dat de zuigeling in Nederland al snel voornamelijk flesvoeding krijgt: kort na de geboorte krijgt ongeveer 69% van de zuigelingen geheel of gedeeltelijk borstvoeding, ten tijde van de zesde week, de derde en zesde maand is dit percentage teruggelopen tot respectievelijk 56, 49 en 27 (CBS96). Na de twaalfde maand wordt vrijwel geen borstvoeding meer gegeven. De kans dat een zuigeling borstvoeding krijgt, neemt toe naarmate de moeder een hogere opleiding heeft genoten en minder rookt of drinkt (Geu93). De melkvoeding wordt na de eerste vijf tot zes maanden aangevuld met bijvoeding.

Om de loodblootstelling via de voeding van een zuigeling te schatten, maakt de commissie gebruik van het voedingsadvies uit het 'Nederlands Handboek Kindergeneeskunde' (Bra93) en van het GHI-bulletin 'Zuigelingenvoeding' (GHI91). Zij benadrukt dat in concrete gevallen in de praktijk de zuigelingenvoeding aanzienlijk kan afwijken van hetgeen waar zij in dit advies vanuit gaat: in de praktijk (op het consultatiebureau voor de zuigeling onder andere) wordt het dieet van de zuigeling aangepast aan zijn of haar individuele behoeften. De commissie is ervan uitgegaan dat de flesvoeding wordt bereid uit poedervormige loodvrije zuigelingenvoeding en leidingwater dat niet warm is afgetapt of verwarmd in een loodgesoldeerde (fluit)ketel. Is het laatste wel het geval, dan valt de blootstelling aan lood via de flesvoeding hoger uit.

Tabel 1 geeft een indruk van de loodblootstelling door flesvoeding bij gebruik van drinkwater met loodconcentraties van 10, 25, 35 en 50 $\mu\text{g/l}$. In de tabel is bij elke leeftijd tevens het gemiddelde lichaamsgewicht weergegeven. Er is geen onderscheid gemaakt naar geslacht (CBS86).

De loodblootstelling via de moedermelk is niet opgenomen. De loodconcentratie in de moedermelk is doorgaans ongeveer vijf tot tien procent van het loodgehalte in het bloed van de moeder (WHO95). Dit betekent dat een gemiddelde loodconcentratie in het bloed van de moeder van 45 $\mu\text{g/l}$ (deze waarde is afgeleid van lood-in-bloedwaarden in navelstrengbloed; Dui95) resulteert in loodconcentraties in de moedermelk tussen 2,3 en 4,5 $\mu\text{g/l}$. Voor een zuigeling die per dag gemiddeld ongeveer 150 ml per kilogram lichaamsgewicht drinkt, komt dit neer op een dagelijkse loodblootstelling via borstvoeding tussen 0,3 en 0,7 $\mu\text{g/kg lg}$.

Uit tabel 1 blijkt dat de hoeveelheid melkvoeding tot de vijfde of zesde maand toeneemt en vervolgens afneemt. De loodblootstelling per kilogram lichaamsgewicht neemt daarentegen in de gehele periode af omdat het lichaamsgewicht verhoudingsgewijs meer toeneemt.

Tabel 1 Blootstelling van zuigelingen aan lood (in microgrammen lood per kilogram lichaamsgewicht per dag) via flesvoeding (zowel volledige zuigelingenvoeding als opvolg-zuigelingenvoeding) aangeemaakt met drinkwater met loodconcentraties van 10, 25, 35 en 50 µg/l^a.

leeftijd in maanden (gewicht in kilogrammen)	totale hoeveelheid melkvoeding per dag in ml	totale blootstelling aan lood (µg/kg lg per dag) via aangelengde flesvoeding met water met de loodconcentraties:			
		10 µg/l	25 µg/l	35 µg/l	50 µg/l
0 - ½ (3,5)	500 - 600	1,3 - 1,6	3,3 - 3,9	4,6 - 5,5	6,5 - 7,8
½ - 1 (3,8)	550 - 650	1,3 - 1,6	3,3 - 3,9	4,6 - 5,5	6,5 - 7,8
1 - 2 (4,6)	600 - 700	1,2 - 1,4	3,0 - 3,5	4,3 - 4,8	5,9 - 6,9
2 - 3 (5,3)	700 - 800	1,2 - 1,4	3,0 - 3,5	4,2 - 4,8	6,0 - 6,8
3 - 4 (6,0)	800 - 900	1,2 - 1,4	3,0 - 3,5	4,3 - 4,8	6,1 - 6,8
4 - 5 (6,6)	850 - 950	1,2 - 1,3	2,9 - 3,3	4,1 - 4,6	5,8 - 6,5
5 - 6 (7,2)	850 - 1000	1,1 - 1,3	2,7 - 3,2	3,7 - 5,0	5,4 - 6,3
6 - 7 (7,7)	700 - 800	0,8 - 0,9	2,1 - 2,4	2,9 - 3,3	4,1 - 4,7
7 - 8 (8,2)	600 - 700	0,6 - 0,8	1,6 - 1,9	2,4 - 2,7	3,4 - 3,9
8 - 9 (8,5)	500 - 600	0,5 - 0,6	1,4 - 1,6	1,9 - 2,3	2,6 - 3,2
9 - 12 (9,4)	500 - 600	0,4 - 0,5	1,2 - 1,5	1,7 - 2,0	2,5 - 2,9

^a Voor de concentraties 10 en 50 µg/l is gekozen omdat deze respectievelijk de nieuw voorgestelde en de vigerende norm voor lood in drinkwater zijn. In de nieuwe EU-richtlijn voor lood in drinkwater wordt als 'interimnorm' 25 µg/l genoemd. Volgens die richtlijn dient binnen vijf jaar na het van kracht worden van de richtlijn aan deze norm te zijn voldaan. Tien jaar dáarna dient aan de norm van 10 µg/l te zijn voldaan. Zoals opgemerkt in 2.1.4, acht de commissie de waarde 35 µg/l representatief voor de gemiddelde loodconcentratie in het leidingwater aangevoerd via een loden leidingennet of mogelijk via een nieuw koperen leidingennet waarvoor bij installatie gebruik is gemaakt van loodhoudend soldeer.

Vanaf de vijfde, zesde maand (soms eerder) krijgt de zuigeling ook bijvoeding. Die bestaat bijvoorbeeld uit enkele eetlepels groente, aardappel, peulvruchten, pap, yoghurt, ei, fruit, brood en broodbeleg. De zuigeling drinkt daarbij thee (eventueel met melk), water of aangelengd vruchtenconcentraat of -sap. Daarnaast wordt vaak ook kant-en-klare 'potjesvoeding' gebruikt. De commissie beschikt niet over informatie over loodgehaltes in deze kant-en-klare voeding en laat derhalve de schatting van de loodblootstelling via deze voeding buiten beschouwing.

Om de loodblootstelling via zelfbereide bijvoeding te schatten, is gebruik gemaakt van het eerder genoemde voedingsadvies voor zuigelingen en van gegevens over gemiddelde loodconcentraties in voedingsmiddelen (Dok94). Uit de schatting blijkt dat de dagelijkse loodblootstelling via de bijvoeding in de vijfde tot achtste maand gemiddeld een waarde heeft tussen 0,1 en 0,5 µg/kg lg, afhankelijk van de loodconcentratie in het drinkwater (van 10 tot en met 50 µg/l). In de maanden daarna (maand acht tot en