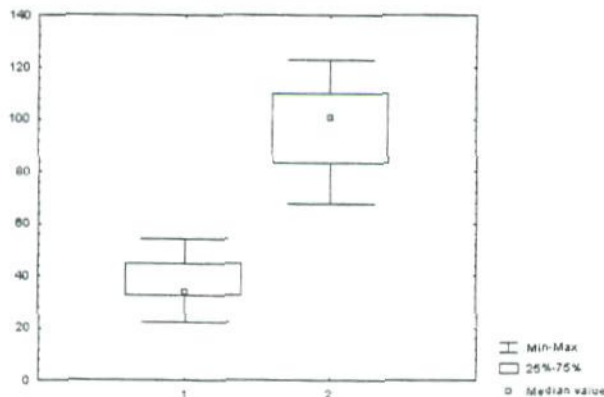


## Bijlage A: Statistische technieken

Omdat de gegevens die worden verzameld bij bodemonderzoek in de praktijk bijna nooit een 'Normale verdeling' kennen, wordt gebruik gemaakt van niet-parametrische toetsen, i.e. toetsen die geen veronderstelling doen over de onderliggende kansverdeling (Conover, 1971). De Mann-Whitney U-test is gebruikt om de nul-hypothese dat de medianen van twee kaarteenheden hetzelfde zijn, te toetsen aan de alternatieve hypothese dat de mediaan uit één van de kaarteenheden significant verschilt. Voor iedere combinatie van kaarteenheden is getoetst of de mediaan van de ene kaarteenheid significant verschilt van de mediaan van de andere. De toets is uitgevoerd met een betrouwbaarheidsdrempel van 95% ( $p=0.05$ ). Een betrouwbaarheidsdrempel van 95% houdt in dat er een kans van 95% is, dat een gevonden verschil *niet* berust op toeval (het verschil is dan "significant"). Er is dus een kans van 5% dat het gevonden verschil wel op toeval is gebaseerd.

Een hulpmiddel bij het inzichtelijk maken van de relatie tussen waarnemingen en gebiedskenmerken zijn de zogenaamde Box- en Whiskerplots. In Box- en Whiskerplots kunnen de uitkomsten van statistische toetsen gevisualiseerd worden. De onderstaande figuur geeft een voorbeeld van een Box- en Whiskerplot en vat een aantal statistische parameters samen in één figuur. De 25- en 75-percentielwaarden zijn weergegeven als een rechthoek (Box). De mediaan is als een vierkantje binnen deze rechthoek aangegeven. De uiteinden (Whiskers) geven het bereik aan van waarden weer: het minimum en het maximum.

Voorbeeld van Box-en Whiskerplot met twee groepen waarnemingen (1 en 2) die significant van elkaar verschillen.



## Bijlage B: Bij vaststellen van grens tussen Oeverzone en Terraszone gebruikte kaarten

1. **Gebieden die na 1850 zijn aangeslibd of verland.** Resultaat uit de Inventarisatie van Historische Rivierlopen langs de Maas (CSO, 7 april 1997)
2. **Hoogtemodel uit DTB Rivieren (= digitale Rivierkaart van Rijkswaterstaat)**
3. **Ligging van hoogteverschillijnen (steilranden, kades) en breuklijnen uit DTB Rivieren**
4. **Overstromingsfrequentiekaarten.** Er zijn 2 versies gebruikt: de kaarten uit de "Indeling winterbed van de Maas" uit 1980 en de Overstromingsdiepte kaarten van het Waterloopkundig Laboratorium uit de m.e.r. Zandmaas.
5. **Analyseresultaten uit Nazca database van De Maaswerken.**
6. **Topografie uit DTB Rivieren** (identificeren van wegen, bebouwde gebieden, industrieterreinen, kunstwerken e.d.).
7. **Bemonsteringsplannen Grensmaas en Zandmaas.** Voor de lokaties waarop ingrepen zijn gepland is door De Maaswerken een bemonsteringsplan gemaakt waarin globale deelgebieden zijn gedefinieerd. De deelgebieden omvatten o.a. een Oeverzone die aan dezelfde criteria voldoet als de Oeverzone die binnen dit onderzoek is gedefinieerd.
8. **Ligging van ontgrondingen en vergraven terreinen.** Informatie over de ligging van deze gebieden is verwerkt in de ontgrondingenkaarten van de Provincies en de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000.
9. **Ligging van verlandde restgeulen.** Resultaat uit de Inventarisatie van Historische Rivierlopen langs de Maas (CSO, 7 april 1997) en informatie uit Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000.
10. **Ligging beekdalen.** Resultaat uit de Inventarisatie van Historische Rivierlopen langs de Maas (CSO, 7 april 1997)
11. **Luchtfoto's uit "De Maas hoogwater januari/februari 1995".**
12. **Rivierenwet belijning 1998.** (onderscheiden stroomvoerend/bergend winterbed)
13. **Ligging van puntverontreinigingsbronnen.**
14. **Texturele boorbeschrijvingen uit de Nazca database van De Maaswerken.**
15. **Aardkundige Waarden Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute.** (ligging terrassenlandschap, terrasrestanten, terrasranden, oeverwalcomplexen, stroomgeulen, beekdalen)
16. **Landschapsbeeld Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute.** (ligging oude Maaslopen, kades, terrasranden)
17. **Historische Geografie Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute.** (ligging oude Maaslopen, kades, bebouwing)
18. **Ecotopenkaart Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute.** (ligging strangen, natuurlijke oevers, natte/droge uiterwaardgraslanden, bebouwde terreinen)

## Bijlage C: Definitie van Oeverzone, Terraszone en Voorgedefinieerde deelgebieden binnen Terraszone

Op de volgende bladzijde wordt in figuur C.1 het hoogtemodel (DTM) van het gebied weergegeven (het hoekige patroon in het kaartbeeld wordt veroorzaakt door het driehoeken netwerk waaruit het hoogtemodel is opgebouwd, tezamen met het schaduweffect dat aan de figuur is toegevoegd om hoogteverschillen te accentueren). In de figuur komen ontgravingen als hoekige verlagingen van het maaiveld naar voren. Verlandde geulen en beekdalen uit zich als langgerekte verlagingen in het terrein. Oeverwallen en kades komen als langgerekte verhogingen, veelal parallel aan het zomerbed, naar voren.

Figuur C.2 toont de gebieden die na 1850 zijn verland tezamen met de begrenzing van ontgravingen zoals deze in de Provinciale kaarten zijn opgenomen. Met behulp van het DTM zijn de grenzen van deze ontgravingen gecontroleerd en zonodig aangepast aan de contouren (steilranden) die in het DTM waarneembaar zijn. Figuur C.2 laat tevens de punten zien waarvoor analyseresultaten beschikbaar zijn. Door te onderzoeken wat de ENW-eindoordelen van deze analyses zijn wordt duidelijk waar relatief schone of verontreinigde gebieden liggen (zie figuur C.3). De hoogteverschillen in het DTM komen ook tot uiting in de Overstromingsfrequentie kaart. De grenzen tussen de verschillende frequenties uit deze kaart worden weergegeven in figuur C.3.

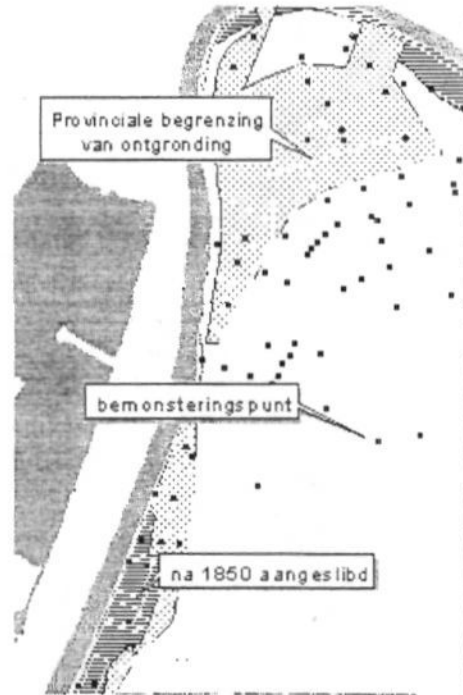
Over het algemeen is de grens tussen Oeverzone en Terraszone getrokken door gebieden die na 1850 zijn verland en/of vaak overstromen en een relatief slechte/heterogene bodemkwaliteit bezitten te scheiden van de rest van het onderzoeksgebied (zie figuur C.4). De meest waarschijnlijke ligging van deze grens komt naar voren wanneer de figuren C.1 t/m C.3 met elkaar worden gecombineerd.

Binnen de Oeverzone zijn tevens antropogeen beïnvloedde gebieden (m.n. ontgravingen) met behulp van het DTM en de ontgravingenkaarten onderscheiden. Binnen de Terraszone zijn op basis van het DTM en topografische kaarten tevens beeklopen begrensd (zie figuur C.3). Door aan deze informatiebronnen de kaart van Historische Rivierlopen toe te voegen konden ook verlandde geulen worden geïdentificeerd.

Figuur C.1: DTM met schaduweffecten



Figuur C.2: gebieden die na 1850 zijn aangeslibd, monsternamepunten en ontgravingen uit Provinciale kaarten.



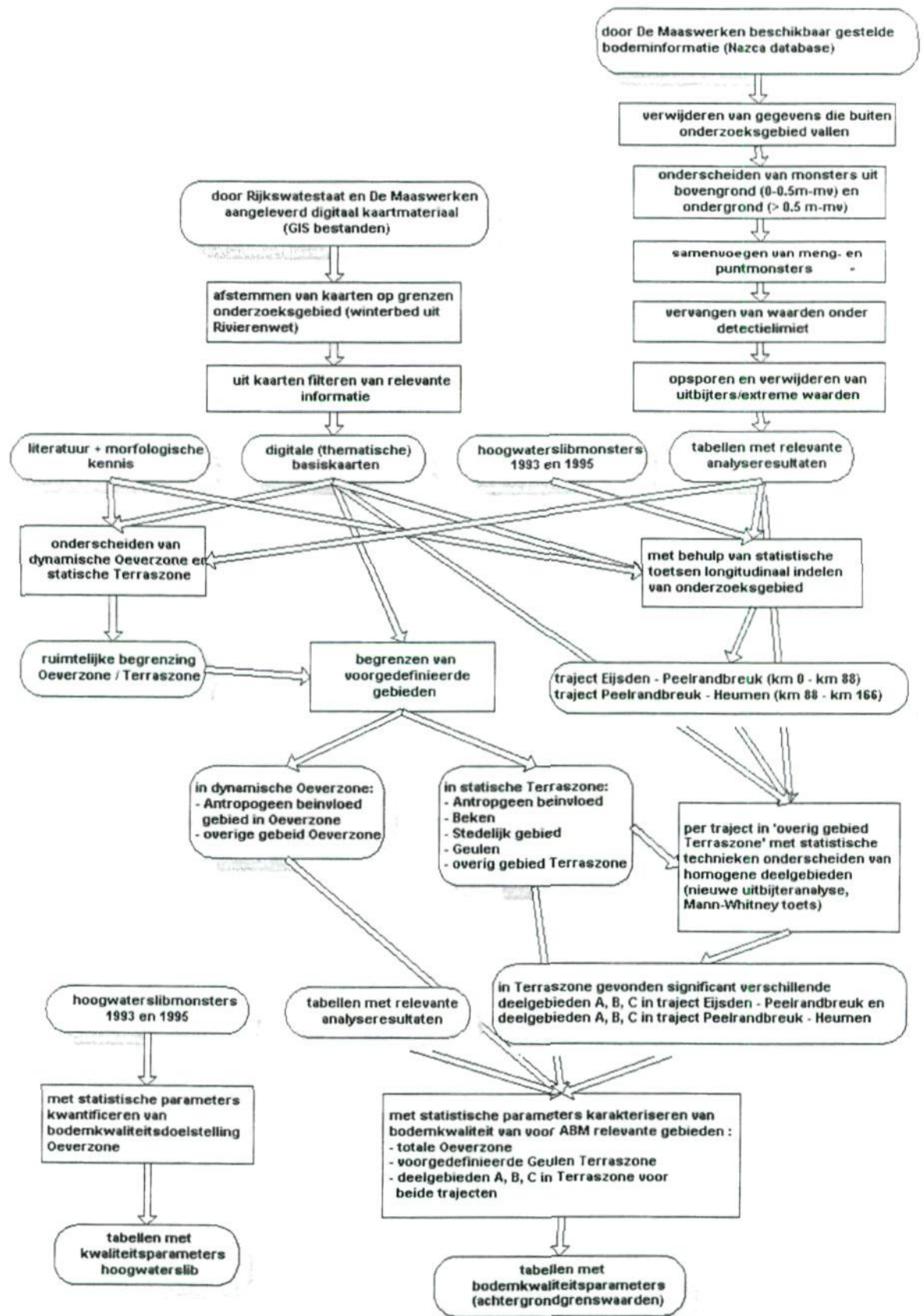
Figuur C.3: overstromingsfrequentielijnen, DTM, boringen en topografie begrensd beek en verlandde geul, locatie van klasse 4



Figuur C.4: uiteindelijke grenzen o.b.v. Oeverzone, beken, geulen, antropogeen in Oeverzone



## Bijlage D: stroomdiagram gevolgde werkwijze



## Bijlage E: Kans op voorkomen van ENW-klassen

In de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding is een aantal kwaliteitsnormen voor de waterbodem gewijzigd. De belangrijkste wijziging is dat de grenswaarden (de grens tussen klasse 1 en klasse 2) zijn vervangen door MTR's (Maximaal Toelaatbare Risico's). Voor de beoordeling van de potentiële risico's ten gevolge van waterbodemonverontreiniging worden deze nieuwe normen gebruikt. Voor de beoordeling van de verwerking van baggerspecie wordt vooralsnog gebruikt gemaakt van de ENW-normering, aangezien een nieuw beoordelingsstelsel voor de verwerking van baggerspecie nog moet worden opgesteld. In dit onderzoek is daarom vastgehouden aan de ENW-klassen indeling.

In de tabellen E.1 t/m E.4 is voor de boven- en ondergrond van de onderscheiden zones en deelgebieden de procentuele kans op voorkomen van de verschillende ENW-klassen verwerkt. Hierbij is uitgegaan van het eindoordeel van de bodemonsters. In de tabellen zijn tevens de 90% betrouwbaarheidsonder- en bovengrenzen bij de kans op voorkomen weergegeven. Deze grenzen geven aan waar de kans op voorkomen van een bepaalde klasse met een betrouwbaarheidsniveau van 90% tussen zal liggen.

Uit de tabellen blijkt dat bij een klein totaal aantal waarnemingen binnen een deelgebied sprake is van een grote spreiding in de kans op voorkomen van de individuele klassen (breed betrouwbaarheidsinterval). Dit betekent dat binnen het betreffende deelgebied voorzichtig omgegaan dient te worden met de voorspelde kansen op voorkomen van de klassen. Goede voorspellingen worden gedaan indien het totaal aantal waarnemingen in een deelgebied groter is dan 30.

Zoals verwacht is de kans op voorkomen van klasse 4 of 4+ (gehalte boven de signaleringswaarde) zowel in de boven- als ondergrond het hoogst binnen de Oeverzone. Klasse 0 kan binnen de homogene deelgebieden A, B en C in de Terraszone het vaakst worden verwacht.

Tabel E.1: Procentuele kansen op het voorkomen van de ENW-klassen in de **bovengrond** van de Zones en Deelgebieden binnen het **traject Eijsden – Peelrandbreuk** en 90%-betrouwbaarheidsonder- en bovengrenzen voor deze kansen

Zone/Deelgebied	ENW klasse	N	Ondergrens %	% kans	Bovengrens %
Oeverzone	0	5	0	1	2
	1	11	1	2	4
	2	70	13	15	18
	3	24	4	5	7
	4	344	71	74	78
	4+	8	1	2	3
Geul	0	3	3	8	21
	1	5	6	14	28
	2	9	14	25	40
	3	2	1	6	17
	4	17	33	47	62
Terraszone, A	0	13	7	11	17
	1	44	29	36	44
	2	36	23	30	37
	3	16	9	13	19
	4	13	7	11	17
Terraszone, B	0	183	24	27	30
	1	204	27	30	33
	2	153	20	22	25
	3	61	7	9	11
	4	78	10	11	14
	4+	3	0	0	1
Terraszone, C	0	181	47	52	56
	1	55	13	16	19
	2	75	18	21	25
	3	34	7	10	13
	4	4	0	1	3

Tabel E.2: Procentuele kansen op het voorkomen van de ENW-klassen in de **ondergrond** van de Zones en Deelgebieden binnen het **traject Eijsden – Peelrandbreuk** en 90%-betrouwbaarheidsonder- en bovengrenzen voor deze kansen

Zone/Deelgebied	ENW klasse	N	Ondergrens %	% kans	Bovengrens %
Oeverzone	0	66	18	21	26
	1	38	9	12	16
	2	96	27	31	36
	3	21	5	7	10
	4	71	19	23	27
	4+	18	4	6	9
Geul	0	13	28	43	60
	1	6	10	20	36
	2	6	10	20	36
	3	2	1	7	20
	4	2	1	7	20
	4+	1	0	3	16
Terraszone, A	0	41	34	42	51
	1	16	11	16	24
	2	28	21	29	37
	3	11	7	11	18
	4	1	0	1	5
Terraszone, B	0	492	62	64	67
	1	111	13	15	17
	2	110	12	14	17
	3	25	2	3	5
	4	22	2	3	4
	4+	3	0	0	1
Terraszone, C	0	238	74	78	82
	1	49	13	16	20
	2	14	3	5	7
	3	4	0	1	3

Tabel E.3: Procentuele kansen op het voorkomen van de ENW-klassen in de **bovengrond** van de Zones en Deelgebieden binnen het **traject Peelrandbreuk - Heumen** en 90%-betrouwbaarheidsonder- en bovengrenzen voor deze kansen

Zone/Deelgebied	ENW klasse	N	Ondergrens %	% kans	Bovengrens %
Oeverzone	0	20	4	5	8
	1	32	6	8	11
	2	125	29	33	37
	3	44	9	12	15
	4	158	37	41	46
	4+	3	0	1	2
Geul	0	8	17	31	49
	1	8	17	31	49
	2	8	17	31	49
	4	2	2	8	23
Terraszone, A	0	14	17	26	38
	1	18	23	34	46
	2	11	12	21	32
	3	7	7	13	24
	4	3	2	6	15
Terraszone, B	0	21	8	11	16
	1	51	22	27	33
	2	91	43	49	55
	3	7	2	4	7
	4	16	6	9	13
Terraszone, C	0	49	25	31	37
	1	39	19	25	31
	2	24	11	15	21
	3	43	21	27	34
	4	4	1	3	6

Tabel E.4: Procentuele kansen op het voorkomen van de ENW-klassen in de **ondergrond** van de Zones en Deelgebieden binnen het **traject Peelrandbreuk - Heumen** en 90%-betrouwbaarheidsonder- en bovengrenzen voor deze kansen

Zone/Deelgebied	ENW klasse	N	Ondergrens %	% kans	Bovengrens %
Oeverzone	0	195	30	33	37
	1	60	8	10	13
	2	214	33	37	40
	3	25	3	4	6
	4	86	12	15	17
	4+	3	0	1	1
Geul	0	3	9	27	56
	2	3	9	27	56
	4	5	21	45	72
Terraszone, A	0	17	45	63	78
	1	3	3	11	27
	2	3	3	11	27
	3	2	2	7	22
	4	2	2	7	22
Terraszone, B	0	60	61	70	78
	1	19	15	22	31
	2	7	4	8	15
Terraszone, C	0	59	75	84	91
	1	9	7	13	22
	4	1	0	1	7
	4+	1	0	1	7

**Bijlage F: individuele stoffen binnen de som-parameters**

PAK10	Som PCB6	Som PCB7	Som HCH	DRINS	Som DDT	Totaal OCB	minerale olie (gc)
antraceen	PCB 28	PCB 28	alfa-HCH	aldrin	o,p-DDD	1,3-hexachloorbutadieen	C10-C12
benzo(a)antraceen	PCB 52	PCB 52	beta-HCH	dieldrin	p,p-DDD	pentachloorbenzeen	C12-C22
benzo(k)fluoranteen	PCB 101	PCB 101	gamma-HCH	endrin	o,p-DDE	alfa-HCH	C22-C30
benzo(a)pyreen	PCB 138	PCB 118	delta-HCH		p,p-DDE	beta-HCH	C30-C40
chryseen	PCB 153	PCB 138			o,p-DDT	gamma-HCH	
fenantreen	PCB 180	PCB 153			p,p-DDT	delta-HCH	
fluoranteen		PCB 180				hexachloorbenzeen	
indeno(1,2,3-cd)pyreen						heptachloor	
naftaleen						cis-heptachloorepoxide	
benzo(ghi)peryleen						aldrin	
						dieldrin	
						endrin	
						telodrin	
						o,p-DDD	
						p,p-DDD	
						o,p-DDE	
						p,p-DDE	
						o,p-DDT	
						p,p-DDT	
						cis-Chloordaan	
						trans-Chloordaan	
						alfa-Endosulfan	
						beta-Endosulfan	

## Bijlage G: toetsing van risico's

### risico's voor de mens

Er worden twee uitgangspunten gehanteerd voor de risico's voor de mens:

- het aanvaardbare risiconiveau mag niet worden overschreden;
- de risico's moeten worden teruggedrongen tot het laagste niveau dat redelijkerwijs haalbaar is (ALARA).

Voor de humane risico's zijn voor verschillende gebruiksfuncties aanvaardbare risiconiveaus opgesteld (zie tabel G.1). Voor PAK is het aanvaardbaar risiconiveau gelijk aan 7 BAP-equivalenten, zonder verdere differentiatie naar functie.

In tabel G.1 zijn de maximaal toelaatbare risico's voor de betreffende functie opgenomen. Dit zijn de gehalten waarbij geen rekening wordt gehouden met de "basisinname" van stoffen, dat wil zeggen de inname die gerelateerd is aan b.v. het voedselpakket en niet gerelateerd is aan de aanwezige bodemverontreiniging. Voor de toetsing in het kader van Actief Bodembeheer Maas wordt uitgegaan van de ARN's (Aanvaardbaar Risiconiveau). De ARN's houden wel rekening met de basisinname van stoffen.

Er is sprake van overschrijding van het aanvaardbaar risiconiveau wanneer het gemiddelde gehalte in de leeflaag van de bodem het aanvaardbaar risiconiveau overschrijdt. Hierbij is het toekomstige gebruik van de bodem (na herinrichting) maatgevend. Bij grootschalige herinrichtingsprojecten is het mogelijk om een meer gebiedsspecifieke risico-beoordeling uit te voeren. Hierbij kunnen gemeten gehalten in de contactmedia, zoals gewassen of drinkwater, worden meegenomen in plaats van de generieke aannames die zijn gebruikt voor het afleiden van de aanvaardbare risiconiveaus.

### risico's via de teelt van consumptiegewassen

In het winterbed van de Maas geldt dat het loof van suikerbieten ongeschikt is voor het gebruik als veevoeder, dit gebruik moet daarom worden vermeden.

Voor de risico's bij de teelt van consumptiegewassen is gebleken dat alleen de stof cadmium kritisch is. Voor deze risico's is daarom uitsluitend een aanvaardbaar risiconiveau voor cadmium ingevuld:

- voor kalkrijke en kalkhoudende bodems geldt een maximaal cadmiumgehalte van 4,0 mg/kg;
- voor kalkarme en kalkloze bodems geldt een maximaal cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg.

### **risico's voor het ecosysteem**

Voor de ecotoxicologische risico's wordt per project een afweging en beoordeling van de risico's voor het ecosysteem gemaakt. De beoordeling en toetsing vindt plaats op basis van het ALARA-beginsel. Op basis van vuistregels voor het omgaan met verontreinigd riviersediment wordt er naar gestreefd de risico's voor natuur zo veel mogelijk te reduceren. De minimum-optie daarbij is stand-still: de risico's voor het ecosysteem moeten ten minste gelijk blijven en mogen niet toenemen.

Voor natuurontwikkelingsprojecten wordt de voorwaarde gesteld dat bij de gegeven (water)bodemkwaliteit de gewenste natuurdoelstellingen kunnen worden bereikt. Dit zal moeten worden aangetoond met behulp van onderzoeksresultaten. Hiervoor kan bijvoorbeeld de Triade-benadering worden gebruikt, waarbij zowel chemische analyses, bio-assays en veldinventarisaties worden uitgevoerd die tezamen een ecotoxicologisch eindoordeel geven.

### **risico's voor de verspreiding van verontreinigende stoffen naar het grondwater of oppervlaktewater.**

Bij het beoordelen van de toelaatbaarheid van nieuwe activiteiten (ingrepen in het plan gebied) wordt allereerst getoetst aan eventuele normen die zijn gesteld aan de absolute grootte van de verspreiding. Ook mogen er geen onaanvaardbare risico's voor mens of ecosysteem optreden.

In de tweede plaats wordt volgens het ALARA-principe gestreefd naar het zover mogelijk terugdringen van de verspreidingsrisico's, voor zover dit redelijkerwijs mogelijk is. Bij deze ALARA-afweging wordt niet alleen naar de absolute grootte van de verspreiding, maar ook naar het relatieve effect hiervan op de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater gekeken.

Tabel G.1: Gebruikspecifieke bodemtoetsingswaarde [mg/kg] voor het aanvaardbaar risiconiveau ( $C_{am}$ ) en voor het maximaal toelaatbaar risiconiveau ( $C_{mtr}$ )

Gebruiksvorm	Cadmium		Lood		Kwik		Arseen		Koper		Zink			
	$C_{mtr}$	$C_{am}$	$C_{mtr}^1)$	$C_{am}^1)$	$C_{mtr}^2)$	$C_{am}^2)$	$C_{mtr}$	$C_{am}$	$C_{mtr}$	$C_{am}$	$C_{mtr}$	$C_{am}$		
Agrarisch gebruik	35	18,6	-	-	1.450	1.070	200	152	680	419	16.000	13.800	56.000	46.000
Agrarisch gebruik met 100% gewasconsumptie	4,2	2,4	-	-	330	255	44	36	150	93	2.600	2.390	7.100	5.930
Droge recreatie	660	360	360	294	2.370	1.750	407	313	1.400	867	>	>	>	>
Zwerwater	430	231	232	170	1.540	1.117	261	201	2.270	1.405	>	>	>	>
Viswater	430	230	157	95	1.490	1.074	254	194	1.024	634	1.872	1.645	622	516
Zwerwater en viswater	430	230	157	95	1.490	1.074	254	194	706	437	1.847	1.623	622	516
Zwerwater met beperkte visvangst	430	231	229	167	1.520	1.104	260	201	2.085	1.291	35.167	30.897	15.000	12.500

1) specifieke blootstelling kind

2) levenslange blootstelling

> normstelling niet relevant

