

BASIS DOCUMENT WATERGLAS GEBONDEN GROND

Milieuhygiënische kwaliteit volgens het Besluit Bodemkwaliteit

Definitief concept

Opmachtgever / Client

PQ Silicas
t.a.v. de heer H. Schurgers
Postbus 1
6245 ZG EIJSDEN

Volker Staal en Funderingen
t.a.v. de heer B. Admiraal
postbus 54548
3008 KA ROTTERDAM

B&P Bodeminjectie
t.a.v. de heer F. de Groot
postbus 22
4130 EA VIANEN

Injection Nederland BV
t.a.v. de heer M. Fermont
postbus 230
4130 EE VIANEN

Ons kenmerk / Our reference

A841590/R20090310/RZw/c

Autorisatie / Authorisation

Dr. U. Hofstra

Datum / Date

15 november 2010

Auteur / Author

R. Zwerus

INHOUDSOPGAVE

	Pagina
1. INLEIDING	3
2. WATERGLAS.....	5
2.1. Algemeen.....	5
2.2. Toepassingsgebied.....	5
3. ONDERZOEK.....	7
3.1. Algemeen.....	7
3.2. Samenstelling van het vervuild zand	8
3.3. Praktijk laboratorium	8
3.4. Praktijk partijkeuringen.....	8
4. RESULTATEN.....	9
4.1. Uitloging met de kolomproef	9
4.1.1. Vergelijk mengsels 1, 4 & 6 (schoonzand)	10
4.1.2. Vergelijk mengsels 2 & 5 (vervuild zand)	10
4.1.3. Vergelijk mengsels 1, 2 & 3 (correlatie samenstelling en uitloging)	10
4.2. Diffusieproef	10
4.3. Organische componenten.....	14
4.4. Duurzame vormvastheid	14
5. CONCLUSIES EN DISCUSSIE	16
BIJLAGEN	17

1. INLEIDING

Bodeminjectie met waterglas is gericht op het veranderen van de eigenschappen van grond door de poriën te vullen met een bindmiddel. Het resultaat is een bouwstof met een verminderde doorlatendheid en met een cohesie. Bodeminjectie wordt toegepast bij bouwputten voor kelders en tunnels, enz. In die toepassingsgebieden is bodeminjectie in competitie met andere wandconstructies, OWB-vloeren, van nature waterremmende lagen, e.d..

Min of meer uniek is de toepassing in situaties waarin lekkages moeten worden gedicht dan wel bestaande constructies worden uitgebreid en/of aangesloten op andere ondergrondse infrastructuur. De plaats van afdichting is vaak moeilijk toegankelijk voor groot materieel. Injectiebuizen met hun kleine dwarsafmetingen en willekeurig te kiezen hellingshoeken kunnen dat soort moeilijke locaties wel bereiken. Technieken met hetzelfde uitvoeringsvoordeel zijn vriezen en jetgrouting. Een speciale toepassing is funderingsversterking door middel van bodeminjectie.

Met het toenemen van de ondergrondse infrastructuur is er een groeiend aantal projecten waar bodeminjectie een uitstekende oplossing biedt.

PQ Silicas, B&P Bodeminjectie, Volker Staal en Funderingen en Injection Nederland BV hebben INTRON opdracht gegeven om een milieuhygiënische beoordelingsrichtlijn op te stellen voor waterglas gebonden grond. Ten behoeve hiervan heeft INTRON als dit basis document opgesteld. Het basis document geeft een inzicht in de milieuhygiënische eigenschappen van waterglas gebonden grond.

Waterglas gebonden grond wordt beschouwd als een bouwstof. Deze bouwstof ontstaat zodra een mengsel van waterglas, water en harder in de bodem wordt geïnjecteerd. Dit mengsel vormt samen met de grond de nieuwe bouwstof "waterglas gebonden grond" onder de grond. In principe is dit in de terminologie van het Besluit Bodemkwaliteit een vormgegeven bouwstof.

Om een beter inzicht te krijgen in de milieuhygiënische eigenschappen van waterglas in de bodem is dit basis document opgesteld. Hierbij is gekeken naar de uitloging en samenstelling van de nieuw ontstane bouwstof "waterglas gebonden grond" in de bodem. De duurzame vormvastheid is vastgesteld op de proefstukken als milieuhygiënische eis.

Voor deze proeven is een matrix opgesteld waarbij gekeken wordt naar schone mengsels, mengsels met sterk verhoogd gehalte zware metalen en mengsels met een zware metalen niveau zoals in grond dat juist voldoet aan bodem functieklassen wonen.

Verder zijn er mengsels met alleen waterglas aangemaakt zonder harder en mengsels met alleen harder zonder waterglas, om de uitloging in de bodem te bekijken, mocht de geïnjecteerde vloeistof niet of onvolledig uitharden.

De benodigde proefstukken zijn aangemaakt op het INTRON laboratorium te Sittard. De proeven zijn uitgevoerd door het INTRON laboratorium te Sittard.

Het gehele onderzoek is van toepassing op mengsels bestaande uit waterglas, alifatische ester (harder) en grond. Andere harders zijn niet in dit onderzoek betrokken.

In dit basis document worden waterglas en harders zoals alifatische esters en of organische verbindingen met functionele carbonyl groepen getest op bodemkwaliteit. Dit type harders worden reeds tientallen jaren succesvol toegepast, zonder dat er ooit negatieve milieu aspecten zijn waargenomen.

Vandaar dat deze type harders voor deze toepassing door de gebruikers volledig zijn geaccepteerd. De harder gebruikt bij dit onderzoek is de R100, vergelijkbare harders zijn o.a. Silacros B120 Silacros A110.

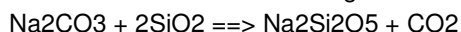
Dit basis document is een achtergrond document bij de nationale beoordelingsrichtlijn BRL 9339 "waterglas gebonden grond".

2. WATERGLAS

2.1. Algemeen

Waterglas is een oplosbaar natriumzout van kiezelzuur. Het heeft de algemene samenstelling 30-40% SiO₂, 10-20% Na₂O, 60-40% H₂O (d.w.z.. ca. Na₂Si₂O₅. 6H₂O).

Waterglas wordt gemaakt door bij hoge temperatuur (1400oC) zand en natriumcarbonaat samen te smelten. Hoewel de chemie ingewikkeld is, kunnen we dat proces vereenvoudigd voorstellen als:



Het smeltproduct wordt daarna aan water blootgesteld en de oplosbare delen gaan in oplossing.

De proeven in dit basis document voor waterglas gebonden grond zijn uitgevoerd met waterglas mengsels zijn die zijn geprepareerd met de PQ Silicas harder R100. Deze harder is een alifatische ester. De grondstoffen waarmee deze harder en het waterglas worden geprepareerd zijn onderhevig aan controle op samenstelling

De beoordelingsrichtlijn wordt van toepassing op waterglas gebonden grond, dit wil zeggen een mengsel van waterglas, harder, water en grond. Voor de harder van alifatische esters is in dit basis document aangetoond dat deze harder in een bodem met functieklassen wonen zal voldoen aan het Besluit Bodemkwaliteit, ook als de injectievloeistof niet reageert of slecht uithard.

Voor overige harders is dit nog niet aangetoond.

2.2. Toepassingsgebied

Waterglas wordt in toepassingen gebruikt zoals in de wasmiddelen industrie en in grondstabilisatie. Het wordt ook toegepast in lijmen en bindmiddelen, in bijvoorbeeld karton en montagekit. Bij aanzuring van waterglas ontstaat silicagel, een vorm van kiezelzuur die ook veel toepassing vindt. Waterglas gebonden grond, dat onderzocht wordt in dit basis document, is bedoeld voor toepassingen in bouwkundige en civieltechnische werken.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen 2 toepassingen bij bodeminjectie van waterglas gebonden grond, namelijk: stabiliserende injecties en waterremmende injecties.

Stabiliserende injecties worden ook wel "hard gels" genoemd, omdat ze een permanente en constructieve aard hebben. De waterremmende injecties worden ook wel "soft gels" genoemd, ze zijn tijdelijk van aard en worden ingezet om bijvoorbeeld een bouwput tijdelijk watervrij te houden.

In figuur 1 is een principe tekening van een stabiliserende injectie in de bodem weergegeven. De waterglas gebonden grond bevindt zich onder een muur en heeft een constructieve functie.

In figuur 2 is een principe tekening van een waterremmende bodeminjectie weergegeven. De waterglas gebonden grond vormt de bodem van een bouwput.

3. ONDERZOEK

3.1. Algemeen

Om tot een zo volledig mogelijk overzicht van de milieuhygiënische eigenschappen te komen is er gekozen om een matrix op te stellen van verschillende aan te maken proefstukken. Voor deze proeven is gekeken naar, schone mengsels, mengsels met verhoogde zware metalen en mengsels met een zware metalen niveau zoals grond dat gemiddeld heeft bij functie klasse wonen. Er is gekozen om met zand te werken dat met name verhoogd koper heeft om deze uitloping specifiek te bekijken. Dit wordt gedaan omdat de pH stijgt bij het injecteren van waterglas en uit onderzoek bekend is dat koper mobiel kan worden in bouwstoffen als de pH stijgt. Koper beschouwen we daarom als de meest kritische component.

Matrix van proefstukken per mengsel

Mengsel	opmerking	diffusie	kolomproef	druksterkte	totaal
1	Waterglas/harder/schoon zand	2 proefstukken	2 proefstukken	3 proefstukken	7
2	Waterglas/harder/vervuild zand	2 proefstukken	2 proefstukken	3 proefstukken	7
3	Waterglas/harder/meng zand	2 proefstukken	2 proefstukken	3 proefstukken	7
4	Waterglas/schoon zand		2 proefstukken		2
5	Waterglas/vervuild zand		2 proefstukken		2
6	Harder/schoon zand		2 proefstukken		2
Totaal					28

Index:

Schoon zand:

Standaard 0/4 zand

Vervuild zand:

verhoogd gehalte zware metalen zie analyserapport 09.3975

Meng schoon/vervuild:

Mengsel van schoonzand en vervuild zand, waarbij het kopergehalte overeen komt met het maximale gehalte koper in grond met functie klasse wonen.

In het laboratorium zijn de metalen (antimoon, arseen, barium, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel, seleen, tin, vanadium en zink) en de anionen met de kolomproef bepaald op de maximale emissie. De organische componenten (benzeen, ethylbenzeen, toluen, xylenen(som), fenol, PAK(som), PCB en minerale olie) zijn bepaald middels samenstelling.

Hiernaast zijn de kritische componenten gemeten met de diffusieproef.

Daarnaast zijn in de praktijk partijkeuringen waterglas gebonden grond uitgevoerd. De bevindingen ten aanzien van de optimale wijze van monsterneming zijn opgenomen in paragraaf 3.6.

3.2. Samenstelling van het vervuild zand

Voor het onderzoek is een zand met verhoogde samenstelling zware metalen gekozen. Het doel hiervan is de het onderzoeken of er door de toevoeging van waterglas en/of harder een verhoogde uitloging ontstaat. De samenstelling van het vervuild zand is weergegeven in analyse rapport 09.3945.

3.3. Praktijk laboratorium

In het laboratorium van INTRON zijn in samenwerking met PQ Silicas de proefstukken vervaardigd, waar de proeven op zijn uitgevoerd. De proefstukken zoals in de matrix in paragraaf 3.1 aangegeven zijn hierna ingezet na 28 of 34 dagen uitharden. De diffusie proeven zijn zonder bijzonderheden verlopen, de gegevens worden weergegeven in paragraaf 4.2. de organische componenten zijn zonder bijzonderheden verlopen en worden weergegeven in paragraaf 4.3.

De kolomproeven blijken in de praktijk problemen op te leveren. Er ontstaat drukopbouw in de kolommen bij sommige opstellingen waardoor de kolomproef niet tot een einde gebracht kan worden. De druk opbouw wordt zo hoog dat de slangen van de kolomen afspringen. Een aantal kolommen is opnieuw ingezet voorzien van andere filters en parels om de druk te verdelen. Na alle acties zijn er nog 3 kolommen die niet afgerond zijn. Dit betreft geen monsters met dezelfde samenstelling. Hierdoor zijn wel alle beoogde combinaties van monsters minimaal 1 keer getoetst.

Het betreft :
m7: proefstuk met schoon zand waterglas en geen harder:
m23: proefstuk met vervuild zand, waterglas en harder
m26: proefstuk met vervuild zand, waterglas en geen harder.

3.4. Praktijk partijkeuringen

De analysedata van de partijkeuringen van in het veld genomen monsters zijn vooralsnog niet opgenomen in dit rapport. Wel worden hieronder in deze paragraaf de praktijk bevindingen kort gesommeerd. De algemene bevindingen uit de praktijk tijdens de monsternamen zijn positief, het is echter wel duidelijk anders dan de monsternamen van andere bouwstoffen. Dit heeft vooral te maken met het mengen ter plaatse.

Toegepaste werkmethoden:

- Via boringen de benodigde hoeveelheid zand verkrijgen.
- De zandmonsters zoveel mogelijk laten uitlekken.
- Monsters opgemengd met de injectievloeistof middels traafmenger.
- De door toegepaste mengverhouding is 1 liter waterglas op circa 8kg zand.
- Mengsel goed mixen en de emmertjes afvullen tot circa 5kg.

Tips :

- Neem een vochtmeter mee om het vochtgehalte te bepalen.
- Zeef van 63µm om het overtollig water eruit te krijgen bij uitlekken.

4. RESULTATEN

4.1. Uitloging met de kolomproef

De uitloging van de anorganische componenten is eerst met de kolomproef bepaald. In tabel 1 zijn de gemiddelde resultaten per mengsel weergegeven en afgezet tegen de eisen uit de regeling Bodemkwaliteit (niet vormgegeven).

Tabel 1: Anorganische componenten

	Mengsel 1	Mengsel 2	Mengsel 3	Mengsel 4	Mengsel 5	Mengsel 6	Grenswaarde BBK
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
antimoon	0,028	0,340	0,084	<0,004	0,260	<0,004	0,16
arsen	0,16	13	2,5	0,18	13	<0,05	0,90
barium	0,06	0,81	0,315	0,53	0,74	0,051	22
cadmium	0,001	0,29	0,031	<0,001	0,071	<0,001	0,04
chromium	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	0,053	<0,05	0,63
cobalt	<0,03	<0,03	<0,03	0,09	<0,03	<0,03	0,54
koper	<0,05	18	2,55	0,13	20	<0,05	0,90
kwik	<0,0004	0,013	<0,0004	<0,0004	0,017	<0,0004	0,02
lood	0,1	8,8	3,0	0,4	8,7	<0,1	2,3
molybdeen	0,023	0,13	0,059	0,017	0,17	<0,01	1,0
nikkel	<0,05	0,23	<0,05	<0,05	0,28	<0,05	0,44
seleen	<0,01	0,013	<0,007	<0,007	0,012	<0,007	0,15
tin	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,024	0,35	1,8
vanadium	0,205	5,1	0,2	0,24	0,32	<0,10	0,4
zink	0,2	7,6	7,3	1,5	5,6	0,23	4,5
bromide	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	20
chloride	11	38	22	12	21	1,4	616
fluoride	1,7	41	5,6	1,2	29	1,05	55
sulfaat	17	550	73	46	700	7,8	1730
pH	10	10	10	9,8	10	6,2	-

Mengsel 1	waterglas/harder/schoon zand
Mengsel 2	waterglas/harder/vervuild zand
Mengsel 3	waterglas/harder/meng zand
Mengsel 4	waterglas/schoon zand
Mengsel 5	waterglas/vervuild zand
Mengsel 6	harder/schoon zand

De pH van het eluaat van de kolomproef van alle mengsels die waterglas bevatten is pH=10.

4.1.1. Vergelijk mengsels 1, 4 & 6 (schoonzand)

Deze mengsels zijn aangemaakt met schoon zand. In tabel 1 is te zien dat alle drie de mengsels voldoen aan de eisen uit het Besluit Bodemkwaliteit voor een niet vormgegeven bouwstof. Dit is de meest kritische uitloog norm in het Besluit Bodemkwaliteit die geldt als bovengrens voor de uitlooging met de diffusieproef. Dit geeft aan dat het toevoegen van waterglas en/of harder aan schoon zand, niet voor een overschrijding conform het Besluit Bodemkwaliteit zorgt. Hieruit blijkt dus dat als de componenten waterglas en de harder (alifatische ester) zowel uitgehard of ge-gelleerd zijn, als niet uitgehard geen significante vervuiling aan de bodem toevoegen.

4.1.2. Vergelijk mengsels 2 & 5 (vervuild zand)

Bij het vergelijken van deze twee mengsels valt op dat de uitlooging met de kolomproef voor het gebonden en het niet gebonden materiaal vrijwel gelijk is. Een enkele uitschieter (vanadium) kan te wijten zijn aan eventuele heterogene vervuilingen in het vervuild zand. Het zand is goed gemengd, maar er kunnen toch nog punt vervuilingen aanwezig zijn. Door de hoge pH (pH=10) loogt vooral koper, zoals verwacht sterk uit.

4.1.3. Vergelijk mengsels 1, 2 & 3 (correlatie samenstelling en uitlooging)

Het vergelijken van deze mengsels beantwoordt de vraag hoe de samenstelling zich verhoudt tot de uitlooging van de nieuw ontstane bouwstof "waterglas gebonden grond".

De uitlooging bij kolomproef lijkt voor het grootste deel gerelateerd aan de hoeveelheid vervuiling in het zand. Ook hier kunnen diffuse vervuilingen aanwezig zijn.

4.2. Diffusieproef

De componenten, die een verhoogde uitlooging geven in de kolomproef zijn middels de diffusieproef op uitlooging bepaald. Dit is alleen uitgevoerd voor mengsel 2 en 3 (mengsel 1 heeft geen kritische componenten). De resultaten in tabel 2 voldoen allemaal aan de eisen voor een vormgegeven bouwstof uit het Besluit Bodemkwaliteit, behalve koper bij mengsel 2.

Tabel 2: Uitloging middels diffusieproef

	Mengsel 2		Mengsel 3		Emissie max BBK (mg/m ²)
	M2 (mg/m ²)	M20 (mg/m ²)	M3 (mg/m ²)	M21 (mg/m ²)	
arseen	170	230	68	69	260
koper	420	350	86	86	98
lood	300	190	58	51	400
vanadium	6,6	4,4	n.b.	n.b.	320
zink	450	160	120	130	800

Mengsel 2 vervuild zand

Mengsel 3 mengsel schoon/vervuild zand

In tabel 2 zie je dat mengsel 2 zelfs als vormgegeven bouwstof een overschrijding heeft voor koper. Bij een kopergehalte in de grond van 720 mg/kg wordt de uitloging voor een vormgegeven bouwstof overschreden.

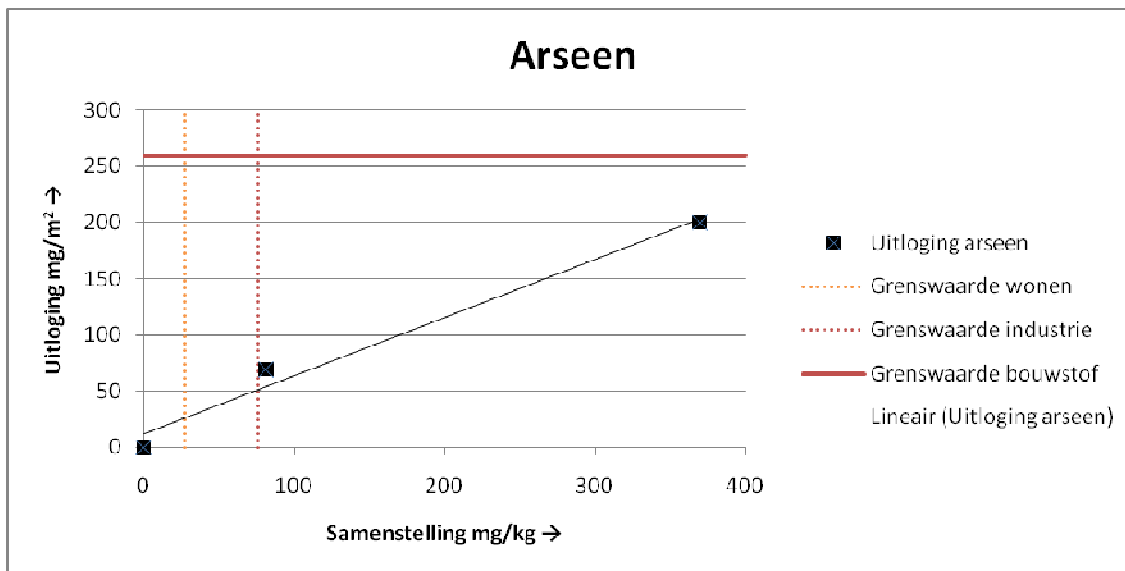
Hieruit kunnen we concluderen dat waterglas gebonden grond in een bodem met functieklassen wonen (of beter) zal voldoen aan het Besluit Bodemkwaliteit betreffende uitloging zware metalen.

Bij de diffusie proef is mengsel 1 niet getest, maar mengsel 2 & 3 vertonen hetzelfde gedrag in uitloging als mengsel 1, 2 & 3 bij uitloging met de kolomproef.

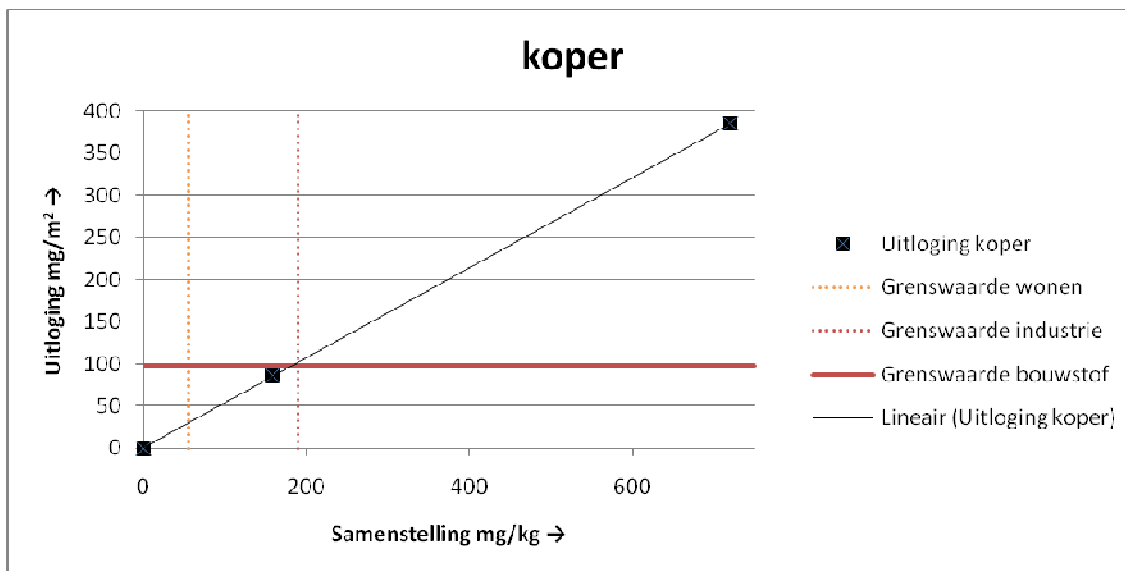
De duurzame vormvastheid lijkt af te nemen naar mate de vervuiling toeneemt.

In grafiek 1, 2, 3 & 4 is te zien hoe de uitloging van arseen, koper, lood en zink in waterglas zich gedraagt ten opzichte van de samenstelling van het gebruikte zand.

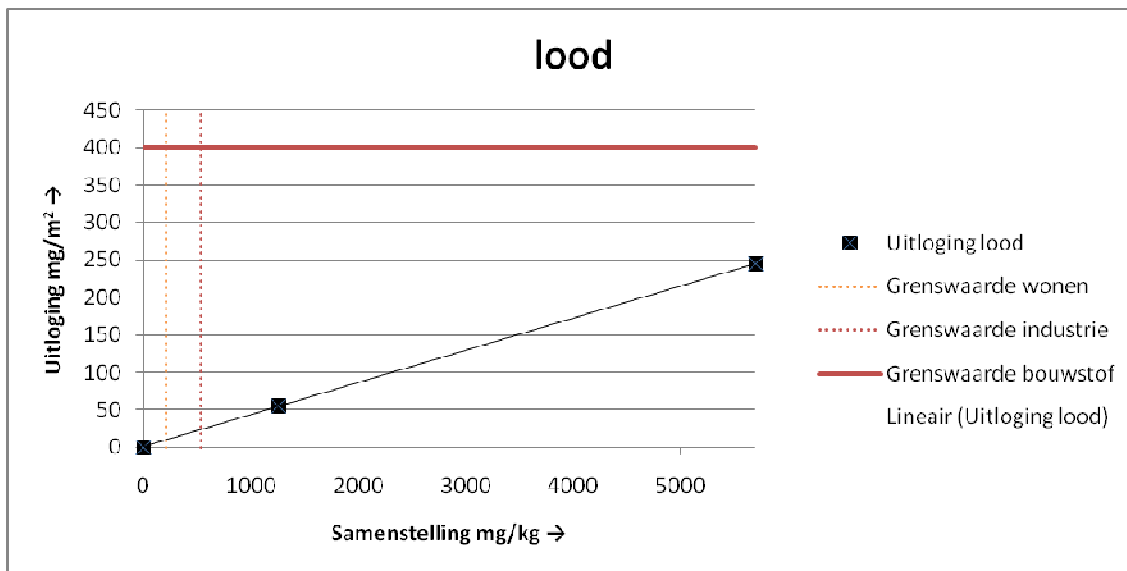
Grafiek 1:



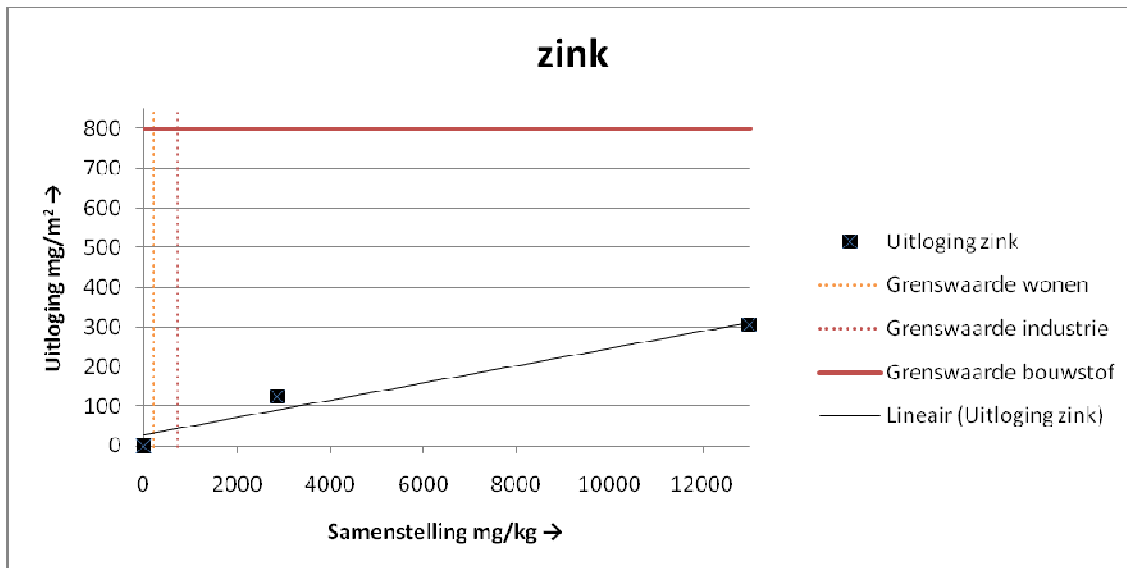
Grafiek 2:



Grafiek 3:



Grafiek 4:



Uit de grafieken 1, 2, 3 & 4 kan worden afgeleid dat als waterglas wordt geïnjecteerd in een bodem met functieklasse wonen, de uitloging bij de 4 kritische componenten nergens wordt overschreden. Koper lijkt bij industriewaarde kritisch, de overige componenten zijn ook bij industriewaarde niet kritisch.

Hieruit kunnen we concluderen dat waterglas gebonden grond in een bodem met functieklasse wonen (of beter) zal voldoen aan het Besluit Bodemkwaliteit betreffende uitloging zware metalen.

4.3. Organische componenten

De organische componenten zijn alleen bepaald voor mengsel 1 en mengsel 6. De organische componenten zijn op samenstelling bepaald en in tabel 3 weergegeven.

Tabel 3; Organische componenten

	Mengsel 1 mg/kg	Mengsel 6 mg/kg	Grenswaarde BBK mg/kg
minerale olie	19	<15	500
PAK (som)	<0,7	<0,7	50
PCB	nb	nb	0.5
fenol	<0,75	<0,75	1,25
benzeen	<0,05	<0,05	1
ethylbenzeen	<0,05	<0,05	1,25
tolueen	<0,05	<0,05	1,25
xylenen (som)	<0,07	<0,07	1,25

Mengsel 1 waterglas/harder/schoon zand

Mengsel 6 harder/schoon zand

Uit tabel 3 concluderen we dat toepassing van waterglas en harder (alifatische ester) in de bodem niet leidt tot een kans op overschrijding van de maximale samenstellingswaarde voor organische componenten.

4.4. Duurzame vormvastheid

De duurzame vormvastheid is voor de uitgeharde proefstukken bepaald middels de diffusieproef en in tabel 4 weergegeven. Uit deze proeven blijkt dat de proefstukken niet voldoen aan de algemene eis van 30 g/m² duurzame vormvastheid, maar wel ruim aan de eis van 500 g/m² voor lichtgebonden steenmengsels. Waterglas gebonden grond hoeft door zijn opgesloten voorkomen in de praktijk ook niet meer dan een lichtgebonden steenmengsel te vormen om solide op zijn plaats te blijven. Omdat het omsloten is door grote hoeveelheden grond is de kans op massaverlies in de praktijk sowieso erg klein.

Tabel 4: Duurzame vormvastheid

Mengsel 1		Mengsel 2		Mengsel 3		Wettelijke eis BBK Lichtgebonden steenmengsels (g/m²)
M1	M19	M2	M20	M3	M21	
(g/m ²)	(g/m ²)	(g/m ²)	(g/m ²)	(g/m ²)	(g/m ²)	
72	114	252	183	110	108	500

Mengsel 1 waterglas/harder/schoon zand
Mengsel 2 waterglas/harder/vervuild zand
Mengsel 3 waterglas/harder/mengsel schoon/vervuild zand

5. CONCLUSIES EN DISCUSSIE

- Waterglas gebonden grond in bouwkundige en civieltechnische werken kan worden beschouwd als duurzaam vormgegeven stof.

- Niet uitgeharde waterglas en alifatische ester harder vormen geen specifiek milieu risico voor de bodem, waarin het geïnjecteerd is.

- Waterglas gebonden grond kan als vormgegeven bouwstof voldoen aan de emissiegrenswaarden uit de Regeling Bodemkwaliteit mits de toegepaste grond slechts licht verontreinigd is (klasse wonen voor koper is hierbij het meest kritisch).

BIJLAGEN

Analyse rapporten:

09.3975

10.0048 (revisie A)