



---



---

# DIJKENVELDEN



## **V2 Definitief geotechnisch- en milieukundig onderzoek**

Beoordeling van kunstgras als vervanging van  
geotextiel in de waterbouw

*Stein Losekoot (500779207) & Joep Witteman (500779481)*

*[01-07-2021]*

---

*Duurzaam durven denken*

---

*1<sup>e</sup> lezer / begeleidende docent: de heer Paul Termes*

*2<sup>e</sup> lezer: de heer Arjan Kooij*

*Hogeschool van Amsterdam*

*Built Environment Water*

## 1 Voorwoord

Begin februari 2021 mochten wij (Stein Losekoot en Joep Witteman) beginnen met ons afstudeeronderzoek van de opleiding Built Environment Water. Dit is een vast onderdeel bij alle opleidingen van de Hogeschool van Amsterdam. Tijdens het afstuderen moet de student laten zien dat hij of zij beschikt over voldoende basiskennis en onderzoekend vermogen binnen het vakgebied.

Door dit onderzoek zijn onze persoonlijke vaardigheden en kennis in een korte tijd sterkt verder ontwikkeld. Ook doordat wij naast het onderzoek het bedrijf DijkenVelden hebben mogen opzetten. Dit halfjaar (februari t/m juni 2021) heeft ons klaargestoomd om een bijdrage te kunnen leveren in het werkveld van kunstgras en waterbouw.

Dit afstudeeronderzoek hebben wij mogen uitvoeren voor de STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer). De STOWA is het kennis- en onderzoekcentrum voor de waterschappen en de provincies op het gebied van waterbeheer. Het onderzoek dat wij hebben uitgevoerd speelt in op de waterveiligheid van Nederland, hierom past het onderzoek goed bij de STOWA. Ons aanspreekpunt binnen de STOWA is de heer Ludolph Wentholt. Meneer Wentholt heeft een grote rol gespeeld met het starten- en vormgeven van het project. Daarnaast heeft de heer Wentholt ons vaak geholpen met zijn netwerk binnen en buiten de STOWA.

Om ons goed te kunnen begeleiden heeft de STOWA de heer Hans de Waal gevraagd om ons te begeleiden. Meneer de Waal is sinds 2015 werkzaam bij de Provincie Utrecht en was vanaf 1994 zelfstandig adviseur/projectleider op het gebied van bodemverontreiniging en deels ook t.a.v. aanleg van (hockey)kunstgras. Daarnaast heeft meneer de Waal veel ervaring en kennis op het gebied van techniek, rapportage en omgang met mensen. Meneer de Waal is in dit onderzoek onze directe begeleider geweest en heeft zich ingezet om ons te helpen met het vergaren van kennis, richting geven aan de deelonderzoeken en onze persoonlijke vaardigheden te ontwikkelen. Doordat meneer de Waal veel mensenkennis heeft zag hij snel onze sterke- en minder sterke vaardigheden. Hij heeft ons actief geholpen om onze minder sterke vaardigheden verbeteren. Door de begeleiding van meneer de Waal hebben wij het onderzoek bij aanvang verbreed en op een hoger niveau kunnen brengen en hebben wij ons op veel vlakken kunnen ontwikkelen.

Bij start van het onderzoek hadden wij nog weinig kennis op het gebied van kunstgras. Hierom heeft De Waal i.o.m. STOWA gevraagd of Antea-sport deel wilde uitmaken van het onderzoek. Antea adviseert, ontwerpt en verzorgt de realisatie en beheer van buitensportaccommodaties voor alle buitensporten en is marktleider bij de aanleg van kunstgrasvelden en de verwerking van gebruikt kunstgras. Tijdens het onderzoek zijn zij onze “kennisbank” geweest op het gebied van kunstgras. Ons directe aanspreekpunt binnen Antea was de heer Aaldert Hooijer. Hij is de regiomanager van Antea-sport Oost-Nederland. Meneer Hooijer heeft ons veel bijgebracht op het gebied van kunstgras en heeft ons vaak geholpen doormiddel van zijn netwerk. Edelgrass is onderdeel van de Antea Group, vanuit Edelgrass heeft ook de heer Victor Neuteboom ons goed geholpen op het gebied van producteigenschappen van kunstgras.

Het familiebedrijf Van Aalsburg heeft ook een rol gespeeld in het uitvoeren van het onderzoek. Van Aalsburg heeft ons kennis bijgebracht op het gebied van gebruik van geotextiel in de waterbouw en de technische aspecten rondom de uitvoering daarvan. Ons directe aanspreekpunt binnen Van Aalsburg was de heer Dick van Aalsburg. Verder hebben ook de heren Jennis en Jennis van Aalsburg ons meerdere keren geholpen.

Ook willen wij de heer Paul Termes bedanken voor de begeleiding vanuit de Hogeschool van Amsterdam en zijn belangstelling in het onderzoek.

Wij willen hierom de volgende heren bedanken voor hun hulp en bijdrage aan het onderzoek: Ludolph Wentholt, Aaldert Hooijer, Victor Neuteboom, Paul Termes, Dick van Aalsburg, Jennis van Aalsburg en Jennis van Aalsburg.

Door de bijdrage van Hans de Waal is de opzet van dit onderzoek breder en completer geworden dan we op voorhand hadden bedacht. Hierom willen wij Hans speciaal bedanken voor zijn enthousiasme, tijd en expertise tijdens het onderzoek.



Stein Losekoot & Joep Witteman

## Inhoud

1	Voorwoord.....	1
2	Inleiding.....	4
3	Managementsamenvatting.....	5
4	Soorten kunstgras en geotextiel als bodembescherming.....	6
5	Geotechnische onderzoek.....	7
5.1	Zanddoorlaatbaarheid proef.....	7
5.1.1	Omschrijving proef.....	7
5.1.2	Meetmethoden.....	12
5.1.3	Resultaten.....	13
5.1.4	Conclusie.....	18
5.2	Treksterkte en rekvermogen.....	19
5.2.1	Omschrijving.....	19
5.2.2	Meetmethode.....	19
5.2.3	Resultaten.....	20
5.2.4	Conclusie.....	22
5.2.5	Vergelijking constructie eisen.....	23
5.3	Vergelijking resultaten geotechnisch onderzoek.....	25
6	Milieukundig onderzoek.....	26
6.1	Microplastics en verontreinigingen.....	26
6.1.1	Omschrijving.....	26
6.1.2	Meetmethodes.....	28
6.1.3	Resultaten.....	29
6.1.4	Conclusie.....	32
6.2	Uitloogonderzoek.....	33
6.2.1	Omschrijving.....	33
6.2.2	Resultaten.....	34
6.2.3	Conclusie.....	34
7	Samenvatting.....	35
8	Conclusies en aanbevelingen.....	36
9	Bibliografie.....	40
10	Bijlagen.....	41
10.1	Bijlage 1 Resultaten hoogtemetingen (0 min; 180 min).....	41
10.2	Bijlage 2 Resultaten hoogtemetingen (0 min; 120 min).....	42
10.3	Bijlage 3 Resultaten wegingen.....	43
10.4	Bijlage 4 MCA sterkte-eigenschappen.....	44

## 2 Inleiding

Het doel van het onderzoek is antwoord geven op de hoofdvraag van ons afstudeeronderzoek. De hoofdvraag van het onderzoek is “Kan kunstgras hergebruikt worden als bodembescherming in de waterbouw, op plaatsen waar in de regel geotextiel wordt toegepast?”. Door het beantwoorden van deze hoofdvraag zou deze toepassing (bodembescherming) een alternatief en/of aanvulling kunnen zijn op de door GBN/AGR opgezette procesmatige verwerking van de kunstgrasafvalstromen. Daarnaast is het geotextiel (soort bodembescherming) veel in de media geweest in relatie tot milieuverontreiniging. Door deze twee maatschappelijke onderwerpen op te nemen in dit onderzoek is de verwachting dat het onderzoek van meerwaarde kan zijn voor het hergebruik van kunstgras en de besparing op geotextiel bij het beschermen van waterkeringen (dijken).

Voorafgaand aan het geotechnisch- (3) en milieukundig (4) onderzoek is een voor- (1) en literatuuronderzoek (2) gedaan. Uit het voor- en literatuuronderzoek is naar voren gekomen dat het van belang is om de sterkte-eigenschappen en de effecten op het milieu van de toepassing verder te onderzoeken. Naar aanleiding van dit voor- en literatuuronderzoek is het geotechnisch- en milieukundig onderzoek opgesteld.

In dit rapport worden de door ons uit te voeren onderzoeken omschreven, uitgevoerd en beoordeeld. Er zijn vier onderzoeken uitgevoerd die antwoord zullen geven op de deelvragen. Door de deelvragen te beantwoorden kan de hoofdvraag worden beantwoord. De **deelvragen** die in dit rapport worden beantwoord zijn:

- *Is het milieutechnisch verantwoord om kunstgras te hergebruiken als bodembescherming in een waterkering?*
- *Is het (geotechnisch) mogelijk om kunstgras te hergebruiken als bodembescherming i.p.v. geotextiel in de waterbouw?*
- *Is het praktisch mogelijk om het kunstgras aan te brengen als duurzame bodembescherming?*
- *Op welke verschillende wijze kan het kunstgras worden toegepast als bodembescherming?*

Dit rapport is gericht op de uitvoerende onderzoeken op geotechnisch- en milieukundig gebied. Elk onderzoek zal worden omschreven en de uitkomsten beoordeeld. Aan de hand van elke beoordeling kan een aanbeveling worden gemaakt die antwoord zal geven op de **hoofdvraag**:

*Kan kunstgras hergebruikt worden als bodembescherming in de waterbouw, op plaatsen waar in de regel geotextiel wordt toegepast?*

De onderzoeken die zijn uitgevoerd om de deelvragen te beantwoorden zijn op te delen in een geotechnisch- en milieukundig onderzoek. Het geotechnisch onderzoek bestaat uit een zanddoorlaatbaarheid proef en een trekbankproef. Deze zijn uitgevoerd door gebruik te maken van de faciliteiten van de Hogeschool van Rotterdam. Het milieukundig onderzoek bestaat uit een onderzoek naar het vrijkomen van microplastics en het uitlooggedrag van kunstgras. Het onderzoek naar het vrijkomen van microplastics is uitgevoerd door gebruik te maken van de faciliteiten van de Hogeschool van Amsterdam. Het uitloogonderzoek is uitgevoerd door SGS-Intron.

### 3 Managementsamenvatting

Het onderzoek bestaat uit een geotechnisch- en een milieukundig onderzoek. Door deze twee onderzoeken uit te voeren kan antwoord gegeven worden op de deelvragen die uiteindelijk lijden tot het beantwoorden van de hoofdvraag: “Kan kunstgras hergebruikt worden als bodembescherming in de waterbouw, op plaatsen waar in de regel geotextiel wordt toegepast?”.

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn er naast het voor- en literatuuronderzoek een tweetal uitvoerende onderzoeken uitgevoerd, bestaande uit een geotechnisch- en een milieukundig onderzoek. In het geotechnisch onderzoek worden de sterkte-eigenschappen van kunstgras vergeleken met die van geotextiel. Om de sterkte-eigenschappen te vergelijken is een zanddoorlaatbaarheid proef en een trekbankproef uitgevoerd. In het milieukundig onderzoek worden gebruikt voetbalkunstgras (rubber infill) en hockeykunstgras (zonder infill) onderzocht op het vrijkomen van plastics en microplastics en de resultaten onderling vergeleken.

Uit het geotechnisch onderzoek is gebleken dat de zanddoorlaatbaarheid van kunstgras vergelijkbaar is met die van geotextiel. Daarnaast is ook te concluderen dat de treksterkte en rekvermogen vergelijkbaar zijn aan geotextiel. Uit het milieukundig onderzoek is gebleken dat het vrijkomen van plastics en microplastics vergelijkbaar is tussen gebruikt voetbalkunstgras (rubber infill) en hockeykunstgras (zonder infill). Uit dit uitloogonderzoek komt naar voren dat het hergebruiken van gebruikt en eenvoudig gereinigd (schoon geklopt) kunstgras er geen milieukundige risico's op te treden.

Op basis van deze resultaten van het geotechnisch onderzoek wordt de conclusie getrokken dat voetbalkunstgras en hockeykunstgras van een waterveld de potentie heeft om toegepast te kunnen worden als bodembescherming voor een glooiingsconstructie. Daarnaast heeft het voetbalkunstgras, met de juiste stikrichting, potentie om als bodembescherming te dienen voor een vooroeverconstructie.

Om de hoofdvraag volledig en definitief te kunnen beantwoorden zijn er nog een aantal onderzoeken die uitgevoerd moeten worden. Als eerst moeten de sterkte-eigenschappen op meer onderdelen nader worden onderzocht. Dit onderzoek dient te bestaan uit het uitvoeren van testen die in het kader van deze afstudeeropdracht niet konden worden gerealiseerd, bestaande uit: de waterdoorlaatbaarheid, levensduur, zanddoorlaatbaarheid, perforatieweerstand en doorponsweerstand.

Het is aan te raden om het uitloggedrag van met name voetbalkunstgras van meerdere velden nader te onderzoeken, om de betrouwbaarheid van de resultaten wordt vergroten.

Uiteindelijk zal er een pilot moeten worden uitgevoerd om de haalbaarheid van hergebruikt kunstgras in plaats van geotextiel in een waterkering te kunnen valideren.



## 4 Soorten kunstgras en geotextiel als bodembescherming

Voor het geotechnische onderzoek zijn vier soorten bodembescherming beproefd. Deze vier soorten zijn; geotextiel 40x40, geotextiel 55x55, voetbalkunstgras (D16) en hockeywaterveld (K42). Het geotextiel is op dit moment toegepast als bodembescherming en fungeert hier dan ook als nulmeting tijdens het uitvoeren van de proeven.

Het milieukundig onderzoek is uitgevoerd met voetbalkunstgras (D16) en hockeywaterveld (K42). Beide kunstgras varianten zijn langdurig blootgesteld aan intensief sportgebruik en invloeden van het weer. Onderstaand worden de varianten bodembescherming nader toegelicht.

	Testnorm	Eenheid	Geotextiel 40*40	Geotextiel 60*60	Voetbalveld	Hockeyveld (waterveld)
<b>Soort backing</b>					D16	K42
<b>Waterdoorlaatbaarheid</b>	EN ISO 11058	l/m <sup>2</sup> /s	7,00	18,00		0,51
<b>Treksterkte</b>	EN ISO 10319	kN/m	40,0	60,0	21,0	30,0
<b>Rekvermogen</b>	EN ISO 10319	%	17,0	15,0	12,5	4,0
<b>Gewicht</b>	EN 965	g/ m <sup>2</sup>	190,0	280,0	247,0	372,0

Tabel 1 Eigenschappen bodembescherming

### Geotextiel 55x55

Het geotextiel dat is gebruikt voor het geotechnisch onderzoek is nieuw geotextiel. Het geotextiel 55x55 zal vergelijkbare eigenschappen hebben als het geotextiel 60x60 die in is weergegeven.

### Geotextiel 40x40

De trekbank proeven zijn uitgevoerd met geotextiel 40x40. Hiervoor is gekozen omdat de trek- en rekeigenschappen vergelijkbaarder zijn met kunstgras dan de eigenschappen van geotextiel 55x55.

### Voetbalkunstgras (D16)

Voor het geotechnisch en milieukundig onderzoek is er gebruik gemaakt van voetbalkunstgras. Door voetbalkunstgras dat ca. 10 jaar gebruikt is te gebruiken voor het onderzoek, zijn de eigenschappen beoordeeld van de mat wanneer deze sporttechnisch versleten is. Doordat het beproefde voetbalkunstgras na gebruik enkel machinaal is schoon geklopt kan deze mat nog resten van rubbergranulaat infill bevatten. De effecten van de infill zijn onderzocht worden in het milieukundig onderzoek.

### Hockeywaterveld (K42)

Tijdens het geotechnisch en milieukundig onderzoek is gebruikt hockeywaterveld getest. Alleen bij de zanddoorlatendheid (Stroomgoot HR) proef is er nieuw hockeywaterveld gebruikt, omdat er op het moment van het uitvoeren van de proef geen gebruikt hockeywaterveld beschikbaar was. De resultaten van deze proef zijn niet beïnvloed door gebruik te maken van nieuw hockeywaterveld, omdat naar verwachting het bespelen van het veld geen effect heeft op de zanddoorlaatbaarheid. Optisch is vastgesteld dat het bespelen van de mat, niet of nauwelijks effect heeft op de backing. Hierom verwachten wij dat de zanddoorlaatbaarheid niet veranderd. Bij de gebruikte mat zal nadat de mat verwijderd wordt van het veld geen extra handeling (zoals schoonkloppen) meer worden gedaan.

## 5 Geotechnische onderzoek

Het doel van het geotechnisch onderzoek is het beantwoorden van de volgende deelvraag: *“is het (geotechnisch) mogelijk om kunstgras te hergebruiken als bodembescherming i.p.v. geotextiel in de waterbouw?”*. Deze deelvraag zal gevalideerd worden door een zanddoorlaatbaarheid proef en de trekbankproef. De zanddoorlaatbaarheid proef zal gericht zijn op simulatie van de toepassing als bodembescherming. Tijdens deze test zal er een rivierbodembemodelling worden nagebootst, waarmee de hoeveelheid doorgelaten zand gemeten zal worden. De treksterkte en het rekvermogen zullen beproefd worden doormiddel van een trekbank. Hiermee kunnen de sterkte-eigenschappen van gebruikt kunstgras worden getest.

In elke proef is er gebruik gemaakt van een variatiecoëfficiënt. De variatiecoëfficiënt toont de relatieve spreiding ten opzichte van het gemiddelde. Doormiddel van de variatiecoëfficiënt kan de meetonnauwkeurigheid worden bepaald. De variatiecoëfficiënt wordt berekend door het gemiddelde resultaat te delen door de standaarddeviatie.

### 5.1 Zanddoorlaatbaarheid proef

De zanddoorlaatbaarheid proef heeft als doel de zandkerende werking vergelijken van het geotextiel, voetbalkunstgras en het hockeykunstgras. Uit het voor- en literatuuronderzoek blijkt dat doorgaans de natte zeefproef wordt voorgeschreven om de zanddoorlaatbaarheid te testen van geotextiel. Tijdens het onderzoek was het niet mogelijk om gebruik te maken van deze proefopstelling. Daarom is ervoor gekozen om deze testmethoden te gebruiken om de zanddoorlaatbaarheid te vergelijken met geotextiel. De omschrijving en het verwerken van de resultaten zal in de onderstaande onderdelen nader worden toegelicht.

#### 5.1.1 Omschrijving proef

De zanddoorlaatbaarheid is getest doormiddel van snel stormend water over de bodembescherming te leiden. Tijdens de proef is op 13 plaatsen de hoogte (-afname) op verschillende tijdstippen gemeten. Hierdoor is het zandverlies uit de laag onder de bodembescherming (kunstgras/ geotextiel) vastgesteld. Tevens is het weggespoelde zand gefilterd en gewogen.

In de stroomgoot proef is de zandkerende werking van het kunstgras getest. De proef is uitgevoerd in de stroomgoot van de Hogeschool van Rotterdam. Deze stroomgoot is het type Armfield S6 MK I. In Figuur 2 is deze stroomgoot weergegeven, de stroomgoot is 30 cm breed en heeft een regelbaar debiet. Het maximum debiet van de pomp is 600 m<sup>3</sup>/uur.



Figuur 2 Stroomgoot Armfield



Figuur 1 Rubberflap uiteinde testveld



De zandkerende functie is getest door een dijkopbouw na te bootsen. De opbouw van het testveld zal bestaan uit een zandlaag, een laag bodembescherming en een grindlaag. De verschillende lagen worden op de uiteinden opgesloten door blokken die de waterstroming over de bodembescherming geleidt, hierdoor zal er gelijkmatige stroming plaatsvinden over het gehele testveld. Deze blokken zorgen er ook voor dat het uiteinde van de bodemlagen minder snel zullen wegspoelen en dat er geen wervelingen in de stroming ontstaan. Bij de overgang van de blokken naar het testveld is er een rubber flap (Figuur 1) geplaatst, hiermee zal de stroming over het testveld worden geleid en daarmee zal er minder uitspoeling optreden die veroorzaakt wordt door wervelingen in het water. Het blok aan de voorkant heeft een helling van 1:8, aan de achterkant zit een vierkant blok met daarachter een zandfilter. Het zandfilter bestaat uit drie lossen filters op elkaar.

De stroomsnelheid is tijdens de proef op twee manieren vastgesteld. De eerste manier om de stroomsnelheid te berekenen is aan de hand van het debiet die in de stroomgoot wordt gepompt. Dit is gedaan door het stroomoppervlak te delen door het debiet. De tweede manier was de stroomsnelheid aflezen op de snelheidsmeter. De gemiddelde gemeten stroomsnelheid van de proef was 0.52 m/s. Deze snelheidsmeter is geplaatst ter hoogte van het midden van het testveld. De sensor van deze meter hangt op 2/3 van de hoogte van de waterlijn.



Figuur 3 Opbouw stroomgoot met snelheidsmeter

Bij het testen van de zandkerende werking is de opbouw van het testveld uit een zandlaag, laag bodembescherming en een laag grind zoals in Figuur 4 weergegeven. De hoogte van de zandlaag varieert tussen 130 mm en 160 mm. Deze hoogte is afhankelijk van de soort bodembescherming. Door de zandlaaghoogte aan te passen aan de bodembescherming komt de bovenkant van het testveld op dezelfde hoogte te liggen, waardoor de stroomsnelheid tijdens elke proef gelijk is. De korrel diameter van deze zandlaag is berekend in onderdeel 0 doormiddel van een zeefkromme. De laag grind fungeert als ballast voor de bodembescherming. Iedere soort bodembescherming is drie keer getest. Een test zal 180 minuten duren, hierdoor kan er een duidelijk beeld gevormd worden of er erosie optreedt. In totaal zijn er twee soorten kunstgras getest en één soort geotextiel. Het geotextiel is getest, zodat er een vergelijking gemaakt kan worden met de soorten kunstgras.



Figuur 4 Opbouw testveld

### **Korrel diameter zandlaag**

Tijdens de zanddoorlaatbaarheid proef in de stroomgoot van de HR (Hogeschool van Rotterdam) is er gebruik gemaakt van één soort zand. Doormiddel van de zeefkromme is de mediaan van de korrel diameter bepaalt. Hiermee is de  $D_{50}$  van de korrel diameter bepaalt. Deze proef is enkel uitgevoerd om de zandmediaan ( $D_{50}$ ) van de proef vast te stellen. Wanneer het zand een kleinere diameter heeft, zal er meer zandtransport door de laag (bodembescherming) kunnen plaatsvinden.

Deze proef is uitgevoerd met een droge zeef test. Deze proef geeft in een grafiek de verdeling van de verschillende korrel afmetingen van een zandmonster weer. Deze grafiek wordt ook wel de zeefkromme genoemd. In de zeefkromme wordt het gewicht per zandkorrel diameter aangegeven in percentages van het totale gewicht van het monster.

In Figuur 5 staat de gebruikte opstelling weergegeven. In deze opstelling is er gebruik gemaakt van 7 zeven. Elke zeef heeft een andere openingsgrote. Het meetinstrument trilt 3 minuten, waardoor de zandkorrels door de zeven heen vallen. De zeef waar de zandkorrel blijft liggen toont aan wat de korrel diameter is van de zandkorrel.

In deze test opstelling wordt er gebruik gemaakt van de volgende zeef groottes:

- 2 mm
- 1 mm
- 0,5 mm
- 0,25 mm
- 0,125 mm
- 0,063 mm
- < 0,063 mm

### **Meetmethode**

Zoals omschreven geeft de zeefkrommen het percentage per korrel diameter van het gehele monster aan, het monster is dus 100%. Voor het uitvoeren van de proef is 1 kg en 750 gram van het gebruikte zand voor de stroomgoot proef gedroogd en afgewogen. Vervolgens gaat het zand in de testopstelling en wordt het trillen gestart. Na 3 minuten is het zand uit elke zeef gewogen. Het gewicht van het zand uit die zeef bepaalt het gewicht percentage zand van die korrel diameter uit het monster. De korrel diameter die op 50% van het geheel zit wordt de  $D_{50}$  genoemd, ook wel de zandmediaan. Deze proef is twee keer uitgevoerd om zo een gemiddelde te kunnen bepalen.



*Figuur 5 Droge zeef test opstelling*

### Resultaten

In Tabel 3 en Tabel 2 staan de meetresultaten van de zeefproef. Hier staat hoeveel gram zand er is achtergebleven in elke soort zeef. Met deze gegevens is de D<sub>50</sub> van de korreldiameter uit gerekend. Het 'Verschil geheel' geeft het deel in gram weer dat de zeefmaat passeert. De 'Som Percentages' geeft dit deel weer in procenten.

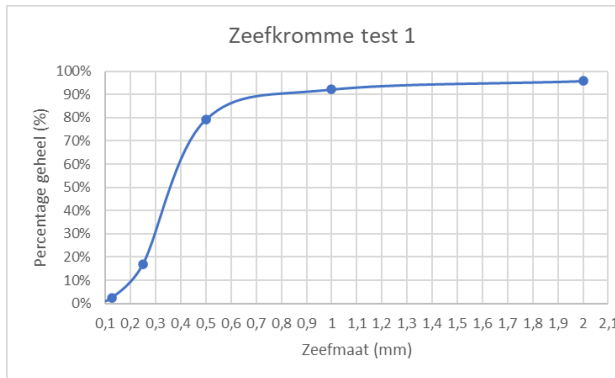
Zeefmaat (mm)	Gewicht (gr)	Verschil geheel (gr)	Deel van monster (%)	Som percentages (%)
2	41	957	4,1%	95,9%
1	36	921	3,6%	92,3%
0,5	129	792	12,9%	79,4%
0,25	622	170	62,3%	17,0%
0,125	146	24	14,6%	2,4%
0,063	18	6	1,8%	0,6%
0,031	6	0	0,6%	0,0%
Totaal	998	gram		
Zeefmaat (mm)	Zeefkromme			
0,38	D50	50%		

Tabel 3 Resultaten droge zeeftest 1

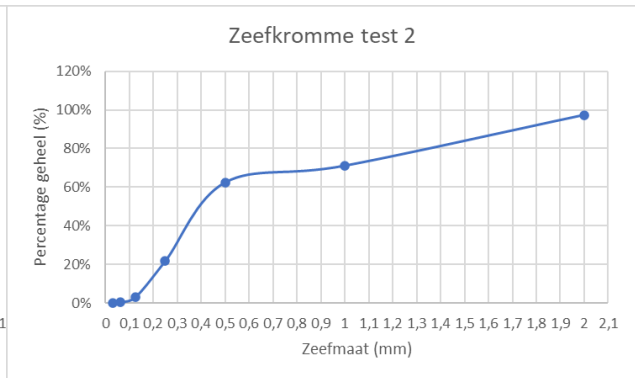
Zeefmaat (mm)	Gewicht (gr)	Verschil geheel (gr)	Deel van monster (%)	Som percentages (%)
2	20	730	2,7%	97%
1	20	710	2,7%	71%
0,5	86	624	11,5%	63%
0,25	404	220	53,9%	22%
0,125	187	33	24,9%	3%
0,063	27	6	3,6%	1%
0,031	6	0	0,8%	0%
Totaal	750	gram		
Zeefmaat (mm)	Zeefkromme			
0,42	D50	50%		

Tabel 2 Resultaten droge zeeftest 2

Uit de resultaten van de droge zeeftest is een zeefkrommen opgesteld. In deze zeefkrommen is de verdeling van de korreldiameters weergegeven.



Figuur 7 Zeefkromme – droge zeeftest 1



Figuur 6 Zeefkromme – droge zeeftest 2

### Conclusie

Door een functie op te stellen tussen de 2 punten waar de 50% op valt, kan de  $D_{50}$  worden berekend. Zoals te zien in Tabel 3 en Tabel 2 is de mediaan van de korreldiameter bepaald op:

- Test 1 -  $D_{50} = 0,38$  mm
- Test 2 -  $D_{50} = 0,42$  mm

De gemiddelde mediaan van de korreldiameter van de monsters is dus: 0,40 mm of 400  $\mu\text{m}$

Deze korreldiameter wordt ook zeer grof zand genoemd. (Bos, 2019)

Korrelgrootte ( $\mu\text{m}$ )	Naam (NEN 5104)
0 – 2	lutum
2 – 63	silt
63 – 105	uiterst fijn zand
105 – 150	zeer fijn zand
150 – 210	matig fijn zand
210 – 300	matig grof zand
300 – 420	zeer grof zand
420 – 2000	uiterst grof zand
2000 – 63000	grind
> 63000	stenen

Figuur 8 Zand type per korreldiameter (Bos, 2019)

### 5.1.2 Meetmethoden

In dit onderdeel van het geotechnisch onderzoek worden de meetmethodes van de stroomgootproef omschreven. Deze meetmethodes bestaan uit een hoogtemeting en een weging.

#### **Hoogtemetingen**

De eerste meetmethode bestaat uit het aflezen van de verlaging van de zandlaag. De lengte van het testveld is 240 cm. Over deze lengte zijn 13 linialen geplaatst om de zandverplaatsing over de tijd te kunnen bepalen. De afstand tussen de linialen is 20 cm. Door op tijdsintervallen de hoogte van de zandlaag af te lezen is de afname van de zandlagen bepaald. Wanneer er bijvoorbeeld bij geotextiel minder zandverplaatsing optreedt dan bij kunstgras, is geotextiel minder zand doorlaatbaar. Deze test fungeert alleen ter vergelijking van kunstgras met geotextiel. De daadwerkelijke zanddoorlaatbaarheid wordt niet getest in deze proef.

De proef duurt in totaal 3 uur. Tijdens de proef zijn er negen metingen uitgevoerd op de volgende tijdsintervallen:

- T=0
- T=15 min
- T=30 min
- T=45 min
- T=60 min
- T=90 min
- T=120 min
- T=150 min
- T=180 min



*Figuur 9 Opstelling zanddoorlaatbaarheid proef*

In het eerste uur is er met een interval van 15 minuten gemeten, omdat de verwachting is dat het meeste zandverlies zal plaatsvinden in het eerste uur. Na het eerste uur is er met een interval van 30 minuten gemeten.

De soort bodembescherming waarbij de zandlaag het minst verandert per tijdseenheid zal de laagste zanddoorlaatbaarheid hebben. Deze proef toont het verschil in zanddoorlaatbaarheid aan per soort bodembescherming. Met de meetmethoden van de 'Hoogtemetingen' is er gekeken naar de zanddoorlaatbaarheid aan de randen van de bodembescherming.

#### **Wegingen**

De tweede meetmethode bestaat uit het wegen van het vrijgekomen zand na het uitvoeren van de proef. Zoals omschreven zijn aan het einde van de stroomgoot drie zeven opgehangen. Deze zeven hebben tijdens de proef het zand opgevangen dat is weggespoeld uit het testveld. De zeven zijn voor en na de proef gewogen, daardoor is het verschil in gewicht berekend en daarmee is duidelijk geworden hoeveel gram zand er is weggespoeld na het uitvoeren van de proef. De zeven zijn na het uitvoeren van de proef in een oven gedroogd voordat deze gewogen zijn. De zeven vangen een deel van de totale stroom aan water op, omdat de zeven niet de capaciteit hebben om de volledige stroom door te laten. Wanneer de volledige stroom door de filters zou moeten gaan, zou de stroomsnelheid te laag worden om goede meetresultaten te kunnen waarnemen.

Door deze meetmethode toe te passen wordt de zanddoorlaatbaarheid vergeleken over het gehele oppervlak van het kunstgras.



### 5.1.3 Resultaten

#### **Hoogtemetingen**

De meetresultaten zijn verkregen zoals in het kopje Meetmethoden omschreven staat en zijn verwerkt op de volgende wijze. Op  $t=0$  minuten zijn alle zandlaag hoogtemetingen afgelezen. Dit is ook gedaan op  $t=180$  minuten. Door het verschil tussen deze twee zandlagen te berekenen kan er worden bepaald hoeveel zand er is weggespoeld. Dit verschil per bodembescherming is vervolgens vergeleken met elkaar.

De meetresultaten van de meetpunten 1 en 13 zijn niet verwerkt in de resultaten. Hiervoor is gekozen, omdat op het uiteinde van het testveld incidenteel extreem groot zandverlies plaatsvond. Deze zijn mogelijk veroorzaakt door het niet goed aansluiten van de bodembescherming met de bak in combinatie met wervelingen van het water. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 10. Het lokale extreme zandverlies zou een overschatting geven van de zanddoorlaatbaarheid.

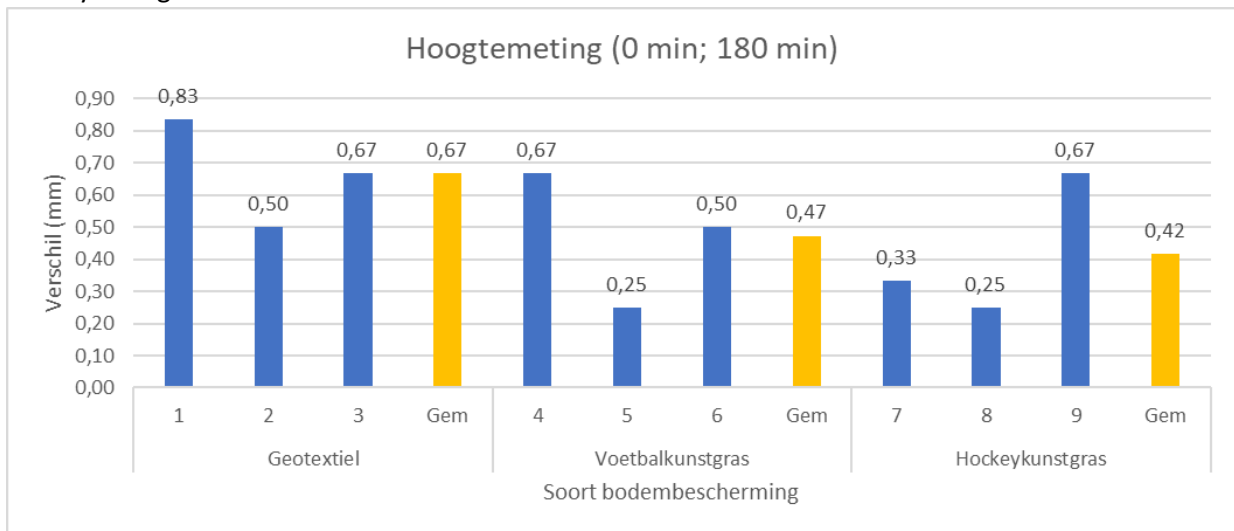


*Figuur 10 Zandverlies einde testveld*

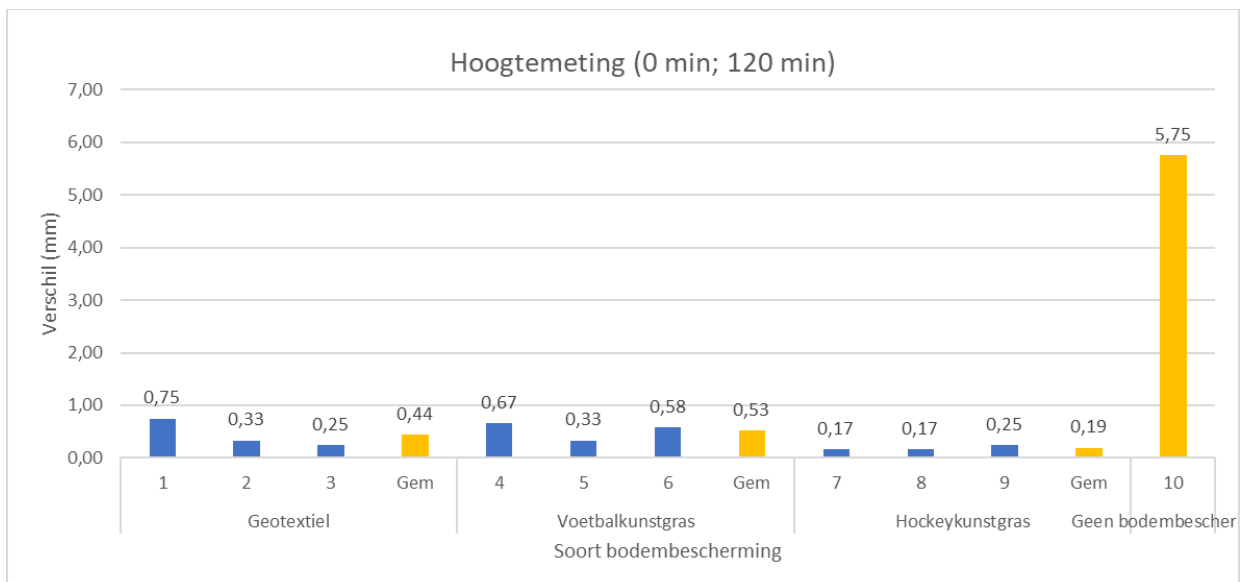
Voor de meting zonder bodembescherming (meetreeks 10) is er gekozen voor een tijdsduur van 120 min i.p.v. 180 min. Hiervoor is gekozen omdat naar verwachting er significant meer uitspoeling optreedt in verhouding met wanneer er wel bodembescherming zou worden toegepast. Tevens heeft deze kortere tijdsduur als bijkomend voordeel dat er met hetzelfde aantal meting er kleinere tijdsintervallen zaten tussen de meetpunten, hierdoor kan de het zandverlies nauwkeuriger worden gemeten. Door deze verschillende tijdsintervallen wordt meetreeks 10 vergeleken in een aparte tabel, omdat in deze tabel alleen de overeenkomende tijdsintervallen worden vergeleken.

Op de volgende pagina zijn de onderzoeksresultaten van geotextiel, voetbalkunstgras, hockeywaterveld en geen bodembescherming met elkaar vergeleken. Geotextiel zal fungeren als nulmeting en de andere soorten bodembescherming zullen hiermee vergeleken worden. De vergelijking is gebaseerd op de afname van de hoogte van de zandlaag door uitspoeling. Door de resultaten onderling te vergelijken wordt er gekeken naar de mate van zandkerende werking van het kunstgras t.o.v. geotextiel.

In Figuur 11 worden geotextiel (1,2,3), voetbalkunstgras (4,5,6) en hockeywaterveld (7,8,9) met elkaar vergeleken en in Figuur 12 worden deze soorten bodembescherming vergeleken met wanneer er geen bodembescherming is toegepast. Het geotextiel, voetbalkunstgras, hockeywaterveld en geen bodembescherming zijn onderstaand nader individueel toegelicht. Opvallend is dat er bij geotextiel, voetbalkunstgras en hockeywaterveld van iedere drie meetreeksen er een afwijkende meetreeks tussen zit. Hierdoor is er gekozen dat er voor iedere soort bodembescherming een gemiddelde score berekend is. Doormiddel van deze gemiddelde score worden de soorten bodembescherming met elkaar vergeleken. In Tabel 4 is te zien dat de hoogste variatiecoëfficiënt 0.43 is, deze is bij hockeykunstgras.



Figuur 11 Resultaten hoogtemeting (0 min; 180 min)



Figuur 12 Resultaten hoogtemeting (0 min; 120 min)

Variatiecoëfficiënt hoogtemetingen			
Bodembescherming	Gemiddelde (mm)	Std deviatie	Variatiecoëfficiënt
Geotextiel	0,67	0,14	0,20
Voetbalkunstgras	0,47	0,17	0,36
Hockeykunstgras	0,42	0,18	0,43

Tabel 4 Variatiecoëfficiënt hoogtemetingen

### *Geotextiel*

De meetreeks 1 t/m 3 is uitgevoerd met geotextiel 55x55 als bodembescherming. Uit deze 3 meetreeksen is een gemiddelde score van 0.67 mm gekomen dit is weergegeven in Figuur 11. Dit is een relatief hoge waarde in verhouding met het voetbalkunstgras en hockeywaterveld.



### *Voetbalkunstgras*

Het voetbalkunstgras is gemeten in de reeksen 4 t/m 6. In Figuur 11 is een gemiddelde waarde van 0.47 mm gekomen over de 3 meetreeksen. Deze waarde is vergelijkbaar met de waarde van hockeywaterveld. Tijdens het verwijderen van het voetbalkunstgras was te zien dat rondom de gaatjes in de backing van het kunstgras er zand was uitgespoeld. Deze uitspoeling was minmaal maar wel waarneembaar.



### *Hockeywaterveld*

In Figuur 11 staan de resultaten van de meetreeksen 7 t/m 9 van het hockeywaterveld weergegeven. Uit deze meetreeksen komt een gemiddelde waarde van 0.42 mm. Dit is het laagste resultaat van de behaalde gemiddelde waarden



### *Geen bodembescherming*

De meetreeks 10 is de meetreeks waarbij geen bodembescherming is toegepast, deze is vergeleken in Figuur 12. In deze tabel is er een korte looptijd van 120 min van toepassing. De meetreeks zonder bodembescherming haalt een waarde van 5.75 mm, dit is veel hoger dan wanneer er wel bodembescherming wordt toegepast. Deze waarde geeft aan wat de toevoeging is van het toepassen van bodembescherming.

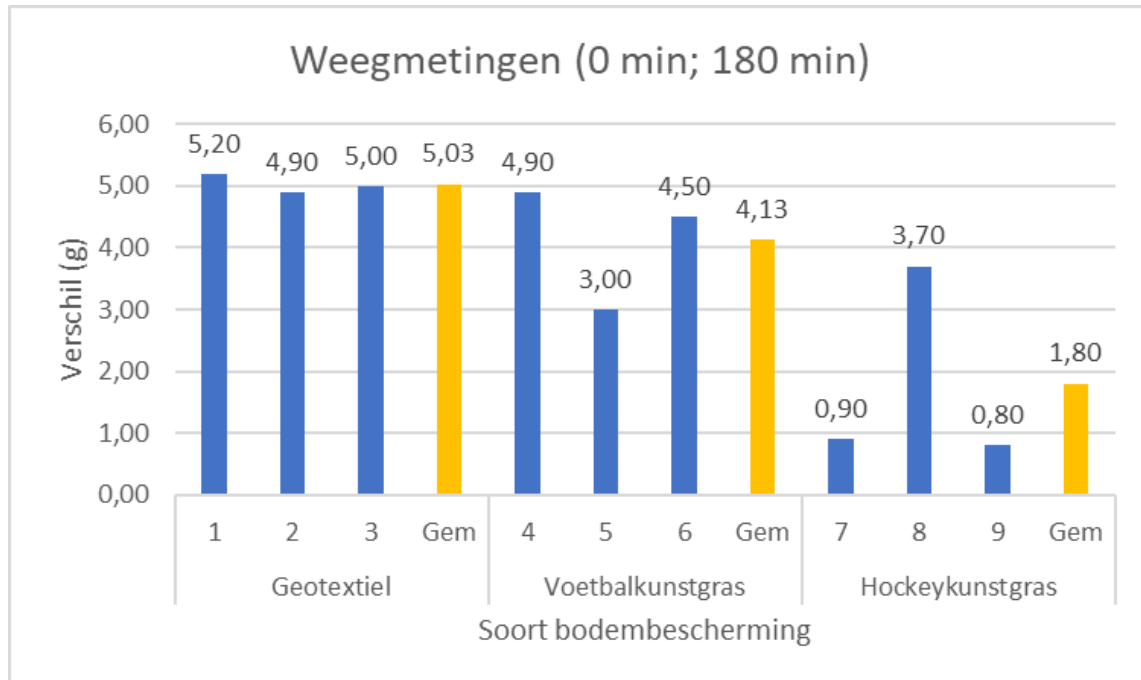


### *Conclusie hoogtemetingen (zandverlies)*

Uit de resultaten is gebleken dat het voetbalkunstgras en het hockeykunstgras beter scoren dan geotextiel op de zandkerende werking. Uit de meting is naar voren gekomen dat bij toepassing van kunstgras als bodembescherming er minder zandverlies uit de onderliggende zandlaag plaatsvindt dan met geotextiel. De verschillen tussen het voetbalkunstgras en het hockeykunstgras zijn minimaal. Het grotere zandverlies bij het geotextiel t.o.v. van het kunstgras zou veroorzaakt kunnen worden doordat de kunstgras vezels van de mat zorgen voor een betere aansluiting met de bak, waardoor er minder zand uitspoelt. De invloed van rand is geminimaliseerd door bij alle proeven de bodembescherming strak langs de bak te leggen.

### Wegingen

Zoals omschreven staat in 5.1.2 is het wegen van de filters na drogen ook een methoden om de zanddoorlaatbaarheid te vergelijken. In Figuur 13 staan de resultaten van de wegingen van geotextiel weergegeven. In deze resultaten staat per meetreeks aangegeven wat het gemiddelde gewicht is van de filters na het uitvoeren van de proef (180 min).

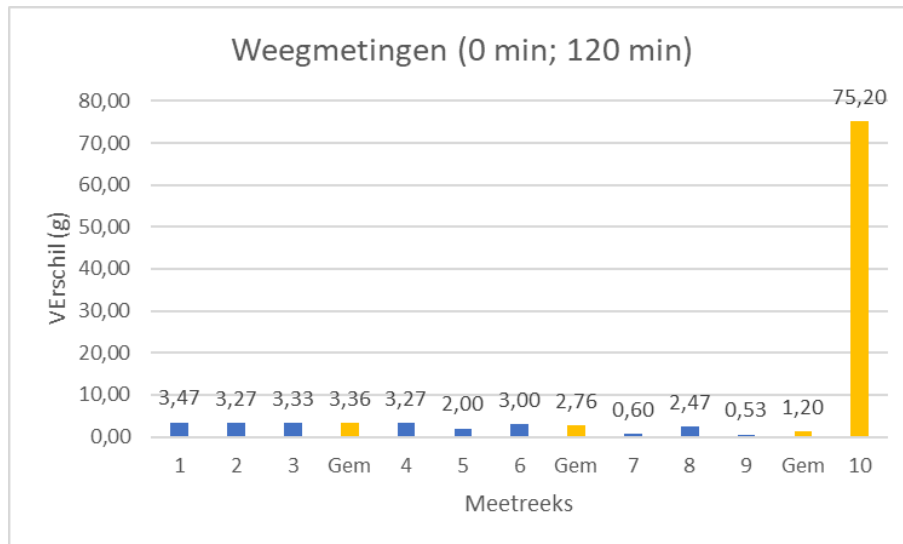


Figuur 13 Resultaten weegmetingen (0 min; 180 min)

### Vergelijking bodembescherming met geen bodembescherming

Naast een vergelijking tussen geotextiel en kunstgras is ook een meetreeks uitgevoerd zonder bodembescherming. De soorten bodembescherming zijn 180 minuten uitgevoerd en de proef zonder bodembescherming 120 minuten. De reden hiervan is eerder uitgelegd onderdeel het onderdeel van de hoogtemetingen.

Om een goede vergelijking te maken tussen bodembescherming en geen bodembescherming is ervoor gekozen om het gemiddelde van de soorten bodembescherming (kunstgras en geotextiel) te vermenigvuldigen met 2/3. Hier wordt uitgegaan dat de hoeveelheid zand evenredig toeneemt over de tijdsduur van de proef. In Figuur 14 staan de resultaten van de wegingen na 120 min weergegeven.



Figuur 14 Weegresultaten na 120 min

In Tabel 5 is te zien dat de hoogste variatiecoëfficiënt 0,75 is, deze is bij hockeykunstgras.

Variatiecoëfficiënt weegmetingen			
Bodembescherming	Gemiddelde (mm)	Stnd deviatie	Variatiecoëfficiënt
Geotextiel	5,03	0,12	0,02
Voetbalkunstgras	4,13	0,82	0,20
Hockeykunstgras	1,80	1,34	0,75

Tabel 5 Variatiecoëfficiënt weegmetingen

#### Conclusie weegresultaten

Uit de resultaten blijkt dat wanneer er geen bodembescherming wordt toegepast, er veel zand wegspoelt met het stromende water ten opzichte van wanneer er wel bodembescherming wordt toegepast. Bij het niet toepassen van bodembescherming komt ook 22 keer meer zand in de filters dan bij gebruikt van geotextiel.

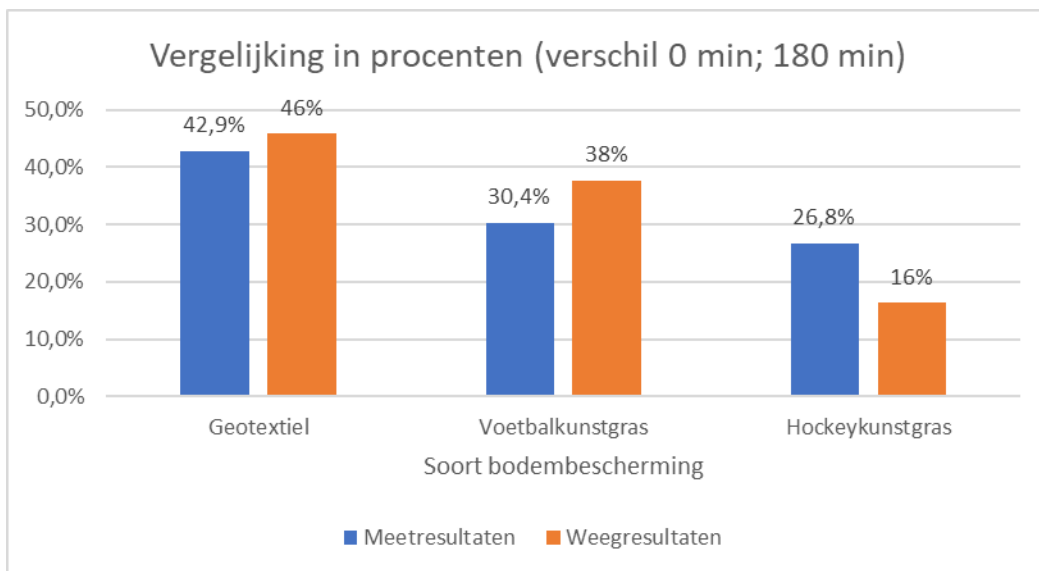
Uit het onderzoek blijkt dat van de soorten bodembescherming, waterhockeyveld het zandpakket het best bij elkaar te houdt en heeft daarom de laagste zanddoorlaatbaarheid.



#### 5.1.4 Conclusie

De meet- en weegresultaten geven meer inzicht op de vraag: “Voldoet kunstgras aan de sterkte eisen die aan geotextiel worden gesteld bij toepassing in de waterbouw?”. Hiermee is de deelvraag “Is het (geotechnisch) mogelijk om kunstgras te hergebruiken als bodembescherming i.p.v. geotextiel in de waterbouw?” gedeeltelijk te beantwoorden.

In Figuur 15 zijn de verhoudingen van de meet- en weegresultaten per soort bodembescherming weergegeven in procenten. Deze verhouding is berekend door het totale hoogteverschil van de zandlaag en weegresultaten van alle soorten bodembescherming bij elkaar op te tellen. Een hoog percentage geeft in verhouding veel zandverlies en gewicht weer. In Figuur 15 is te zien dat geotextiel het slechts scoort op zowel de afname van de zandlaag hoogte als in weegresultaten. Bij voetbalkunstgras en hockeykunstgras lag het verschil in zandverlies het dichtst bij elkaar, maar in de weegresultaten wordt duidelijk dat hockeywaterveld het best uit het zanddoorlaatbaarheid onderzoek komt.



Figuur 15 Vergelijking in procent zand doorlatendheid

Uit de vergelijking van de resultaten van de zanddoorlatendheidsproeven kan worden geconcludeerd dat zowel het voetbalkunstgras als het hockeywaterveld voldoet aan de normwaarden voor geotextiel en kan dus potentieel worden toegepast als bodembescherming in de waterbouw.

## 5.2 Treksterkte en rekvermogen

De treksterkte is een belangrijke eigenschap van de bodembescherming. De eisen aan de treksterkte worden bepaald door de kracht die het materiaal minimaal moet kunnen opnemen in de gebruiks- en uitvoeringsfase. Om ontoelaatbare vervorming te voorkomen, voornamelijk bij steile taluds, dient de bodembescherming voldoende stijfheid en sterkte te bevatten.

### 5.2.1 Omschrijving

Uit het voor/ en literatuuronderzoek blijkt dat de treksterkte en rekvermogen een belangrijke sterkte-eigenschap is van bodembescherming. De treksterkte en het rekvermogen is getest in een trekbank, een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 16. Deze trekbank trekt het monster met een snelheid van 10 mm/ min uit elkaar. Als eerst is het monster op maat geknipt en tussen de twee bekken van de trekbank geklemd. Wanneer het monster is ingeklemd, startte de proef en trok de trekbank het monster met een constante snelheid uit elkaar.

De testen met de trekbank is uitgevoerd met geotextiel 40x40, gebruikt voetbalkunstgras met de stikrichting dwars op de trekkracht (Figuur 17), gebruikt voetbalkunstgras met de stikrichting mee met de trekkracht (Figuur 18), gebruikt voetbalkunstgras aan elkaar genaaid en gebruikt hockeywaterveld. Voor het voetbalkunstgras is er gekozen om het kunstgras in twee richtingen te testen. Hiervoor is gekozen omdat naar inschatting de stikrichting van de vezels invloed heeft op de treksterkte van de mat. Bij waterhockeyveld is hier niet voor gekozen, omdat er geen stikrichting zichtbaar is. Ook zijn er testen uitgevoerd met een genaaid kunstgras mat. Deze zijn enkel uitgevoerd met voetbalkunstgras, omdat tijdens het locatie bezoek bij van Aalsburg er geen naaimachine beschikbaar was die in staat was om door het waterhockeyveld te naaien. Volgens van Aalsburg is het naaien van hockeywaterveld wel mogelijk als verbindingmethode, maar dan wel met een naaimachine die een slag groter is dan die bij geotextiel wordt gebruikt.

### 5.2.2 Meetmethode

De trekbank trekt aan het monster tot het monster stuk getrokken is. Wanneer het monster stuk getrokken is, verwerkt de trekbank de gegevens in een grafiek. In deze grafiek kunnen de gegevens van de verschillende soorten bodembescherming met elkaar vergeleken worden op treksterkte en rekvermogen. De treksterkte wordt gemeten in N per monster breedte (mm) en het rekvermogen in mm.



Figuur 16 Trekbank



Figuur 17 Monster voetbalkunstgras dwars op de stikrichting



Figuur 18 Monster voetbalkunstgras stikrichting met de trekkracht mee

### 5.2.3 Resultaten

Zoals omschreven is na het uitvoeren van de proef bekend geworden wat de treksterkte en rekvermogen is van de verschillende soorten bodembescherming (geotextiel en kunstgras).

In Tabel 6 staat aangegeven hoe de resultaten van de trekbank worden verwerkt. Door deze resultaten onder elkaar in een tabel te zetten kan er een vergelijking worden gemaakt tussen de verschillende materialen. De treksterkte en het rekvermogen zijn bepaald op het moment dat het monster stukgetrokken is.

	Test	Breedte (mm)	Trek max (N)	Trek max (KN/m)	Rek max (mm)	Rek max (%)	Treksterkte FF
Geotextiel 40*40	1	53	1320	24,91	13,80	14%	39,0
	2	50	1241	24,82	16,50	17%	38,9
	3	53	1420	26,79	14,20	14%	42,0
	gem	52	1327	<b>25,51</b>	14,83	<b>15%</b>	<b>39,9</b>
Voetbal stikrichting dwars	4	45	740	16,44	27,80	28%	25,8
	5	52	870	16,73	19,00	19%	26,2
	6	46	710	15,43	23,00	23%	24,2
	gem	48	773	<b>16,20</b>	23,27	<b>23%</b>	<b>25,4</b>
Voetbal stikrichting mee	7	50	645	12,90	16,50	17%	20,2
	8	46	520	11,30	13,00	13%	17,7
	9	44	585	13,30	15,50	16%	20,8
	gem	47	583	<b>12,50</b>	15,00	<b>15%</b>	<b>19,6</b>
Hockeykunstgras	10	45	881	19,58	8,10	8%	30,7
	11	44	930	21,14	13,50	14%	33,1
	12	47	945	20,11	8,20	8%	31,5
	gem	45	919	<b>20,27</b>	9,93	<b>10%</b>	<b>31,8</b>
Hechting voetbal	13	48	195	4,06	24,00	24%	6,4
	14	45	300	6,67	24,20	24%	10,4
	15	54	230	4,26	28,10	28%	6,7
	gem	49	242	<b>5,00</b>	25,43	<b>25%</b>	<b>7,8</b>

Tabel 6 Trek- en reksterkte geotextiel 40x40

In Tabel 7 en Tabel 8 is te zien wat de hoogste variatiecoëfficiënt is van de treksterkte en het rekvermogen. De hoogste variatiecoëfficiënt van de treksterkte proef is 0.18 bij de hechting van het voetbalkunstgras. De hoogste variatiecoëfficiënt van het rekvermogen tijdens de proef is 0.25 bij het hockeykunstgras.

Variatiecoëfficiënt treksterkte			
Bodembescherming	Gemiddelde (N)	Stnd deviatie	Variatiecoëfficiënt
Geotextiel	1327	73,24	0,06
Voetbal stikrichting dwars	773	69,44	0,09
Voetbal stikrichting mee	583	51,04	0,09
Hockeykunstgras	919	27,33	0,03
Hechting voetbal	242	43,65	0,18

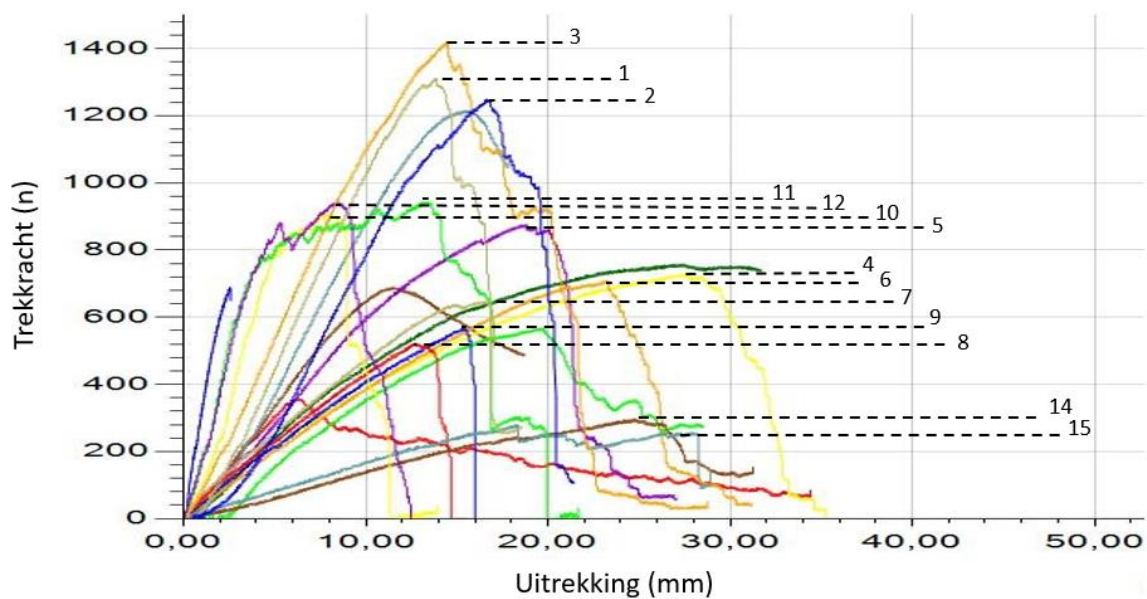
Tabel 7 Variatiecoëfficiënt treksterkte

Variatiecoëfficiënt rekvermogen			
Bodembescherming	Gemiddelde (N)	Stnd deviatie	Variatiecoëfficiënt
Geotextiel	14,83	1,19	0,08
Voetbal stikrichting dwars	23,27	3,60	0,15
Voetbal stikrichting mee	15,00	1,47	0,10
Hockeykunstgras	9,93	2,52	0,25
Hechting voetbal	25,43	1,89	0,07

Tabel 8 Variatiecoëfficiënt rekvermogen

In Figuur 19 staan de resultaten van de trekbank in een grafiek weergegeven. Doordat er 15 testen zijn uitgevoerd is de grafiek moeilijker af te lezen. Daarom staat per materiaalsoort een cijfer bij de maximale (top) treksterkte aangegeven met een doorbroken lijn. Ook staan er een aantal ondoorbroken lijnen in de grafiek weergegeven zonder doorbroken lijn en cijfer. Dit komt doordat er bij de start van de proef een aantal foute metingen zijn gedaan. Zoals te zien in Figuur 19 ontbreekt meting 13. Dit komt doordat de start van de meting buiten het bereik van de grafiek ligt. De uitkomst van meting 13 staat weergegeven in Tabel 6.

Het voetbalkunstgras is in twee richtingen getest, namelijk: de stikrichting mee met de trekkracht en de stikrichting dwars op de trekkracht. Dit geeft de richting van de vezelrichting aan. Het waterhockeyveld heeft geen genaaide vezelrichting, daarom is deze niet verdeeld in twee categorieën.



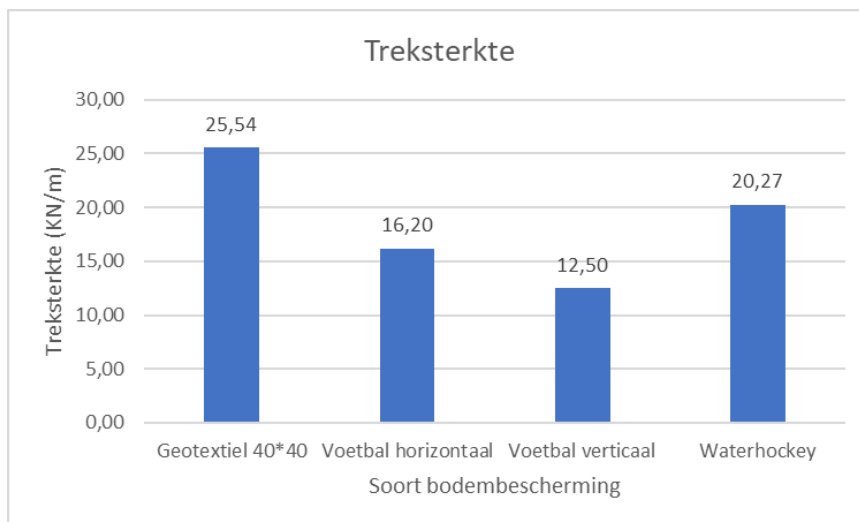
Geotextiel 40*40	1	Voetbal horizontaal	4	Voetbal verticaal	7	Waterhockey	10	Hechting voetbal	13
	2		5		8		11		14
	3		6		9		12		15

Figuur 19 Resultaten trek- rekbank

#### 5.2.4 Conclusie

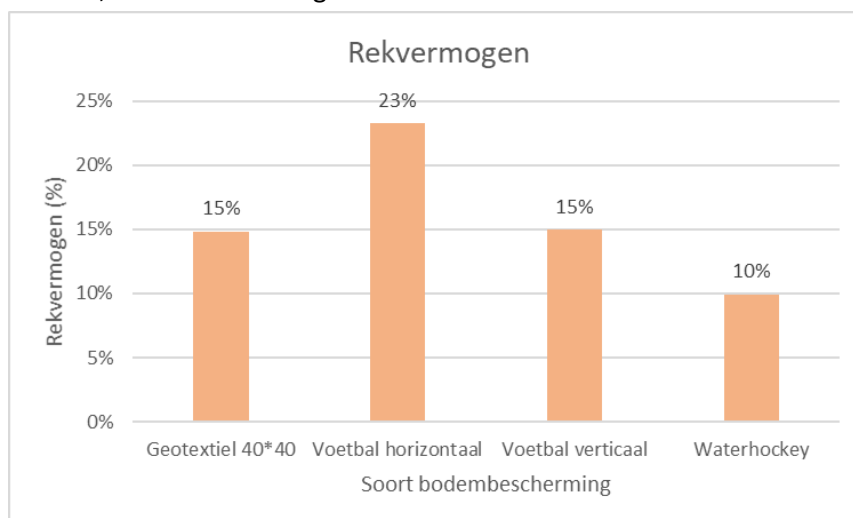
In Figuur 20 staan de resultaten van de treksterkte in een grafiek weergegeven. Hiermee kan een vergelijking worden gemaakt tussen de verschillende soorten bodembescherming. Uit de treksterkte proef is gebleken dat geotextiel 40x40 de hoogste treksterkte heeft. Ook blijkt uit de resultaten dat de kunstgras soorten een lagere treksterkte hebben dan geotextiel (25.5 KN/m). Wel scoort waterhockeykunstgras (20.3 KN/m) het hoogst van de soorten kunstgras en komt deze treksterkte het dichtst in de buurt van geotextiel 40x40.

Uit de resultaten blijkt ook dat de treksterkte van de verbindingmethode minder dan 50% is dan wanneer er geen verbindingmethode wordt toegepast. Dit komt waarschijnlijk doordat het monster te smal is om dit goed te testen. Bij deze methode is het van belang dat het stikken volledig wordt afgerond. De breedte van 5 cm blijkt hiervoor onvoldoende te zijn. Deze verbindingmethode zal nader moeten worden onderzocht.



Figuur 20 Grafiek treksterkte

In Figuur 21 zijn de resultaten van het rekvermogen weergegeven. Het voetbalkunstgras met de stikrichting dwars op de trekkracht scoort het hoogst. De verwachting was dat het voetbalkunstgras met de stikrichting mee met de trekkracht een hoger rekvermogen zou hebben dan het voetbalkunstgras met de stikrichting dwars op de trekkracht. Dit was de verwachting omdat de banen die evenwijdig met de trekkrachten gestikt zouden zijn een hoger rekvermogen zouden hebben, omdat de backing dan niet doorbroken zou worden.



Figuur 21 Grafiek rekvermogen



### 5.2.5 Vergelijking constructie eisen

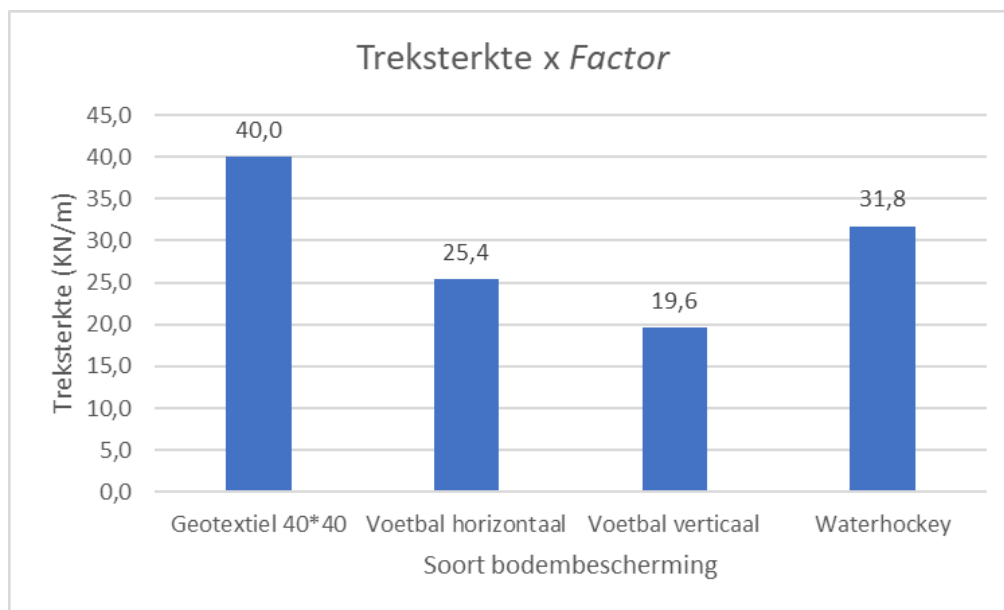
Volgens de fabrikant (Geopex) van geotextiel is de treksterkte 40 kN van geotextiel 40x40. Uit de resultaten van de trekbank van de Hogeschool van Rotterdam (HR) komt een gemiddelde van 25,54 kN. Het verschil zou kunnen komen doordat de fabrikant het geotextiel op een andere manier heeft getest, bijvoorbeeld een andere breedte van het monster tijdens het testen. Volgens Edelgrass moet de backing van hockeykunstgras een treksterkte hebben van 30 kN/m, terwijl deze bij de trekbank resultaten maar 20,27 kN/m is.

Ervan uitgaand dat de treksterkte door de twee fabrikanten opgegeven juist is, is te concluderen dat de eigen trekbankproef te lage resultaten heeft gegenereerd. Om te beoordelen of het kunstgras dit geotextiel kan vervangen, moeten de resultaten van de proef gelijk worden gesteld aan de resultaten van de fabrikanten. Deze factor (1,578) is op de onderstaande wijze berekend.

$$\text{Factor geotextiel} = \text{treksterkte Geopex} \div \text{treksterkte HR} = 40 \text{ KN} \div 25,2 \text{ KN} = 1,587$$

$$\begin{aligned} \text{Factor hockeykunstgras} &= \text{treksterkte Edelgrass} \div \text{treksterkte HR} \\ &= 30 \text{ KN} \div 20,27 \text{ KN} = 1,480 \end{aligned}$$

Zoals te zien in de berekening zijn de factoren gelijkwaardig. De lagere factor van hockeykunstgras zou kunnen veroorzaakt zijn door het gebruik van het veld. Hiervoor is er gekozen om de factor van geotextiel te gebruiken als rekenfactor.



Figuur 22 Treksterkte met factor

Uit de trekbankproef is gebleken dat het rekvermogen van geotextiel overeenkomt met die door Geopex is opgegeven. Uit de trekbankproef is een rekvermogen van 14,8% gekomen en Geopex heeft een rekvermogen van 15% opgegeven. Gesteld kan worden dat de resultaten van de rekproeven geen aanleiding geven om de resultaten te corrigeren.

In het Voor- en Literatuuronderzoek zijn de product eisen, zoals zijn gesteld bij de dijkversterking van de Abraham Wissepolder, als maatgevende eisen gekozen. De eisen waaraan het geotextiel bij deze dijkversterking moesten voldoen zijn:

- Gloopingsconstructie > 21,00 KN 3,1 %
- Kreukelbermconstructie > 7,51 KN 76,2 %
- Vooroeverconstructie > 9,10 KN 24,0 %

In Figuur 21 staan de treksterktes van de soorten bodembescherming. Uit de (gecorrigeerde) resultaten van de treksterkte (vermenigvuldigd met de bovenstaande factor) en het rekvermogen blijkt dat het hockeykunstgras en voetbalkunstgras (gestikt dwars op de richting van de trekkracht) voldoen aan eisen van de treksterkte en het rekvermogen van de gloopingsconstructies (zie Tabel 9).

Daarnaast voldoen alle kunstgras soorten ook aan de treksterkte eisen voor de kreukelberm- en vooroever constructies. Het rekvermogen is van alle kunstgras soorten lager dan de gestelde eis voor de kreukelberm- en vooroever constructie, dus voldoen deze niet.

De hoge treksterkte van het voetbalkunstgras compenseert in de praktijk wellicht het geringe tekort aan rekvermogen. Hierom voldoet het voetbalkunstgras mogelijk wel aan de vooroeverconstructie-eisen.

Doordat het rekvermogen van voetbalkunstgras wel vergelijkbaar is met geotextiel wordt het rekvermogen van het voetbalkunstgras als voldoende bevonden. Ook blijkt dat wanneer de vezelrichting dwars op de kracht staat, de treksterkte en het rekvermogen het hoogst is.

		Eenheid	Geotextiel 40*40	Voetbalkunstgras	Hockeykunstgras
Gloopingsconstructie	Treksterkte	>21 kN/m	40,0	25,4	31,8
	Rekvermogen	>3,1 %	14,8%	23,3%	9,9%
Kreukelbermconstructies	Treksterkte	>7,51 kN/m	40,0	25,4	31,8
	Rekvermogen	>76,2 %	14,8%	23,3%	9,9%
Vooroeverconstructie	Treksterkte	>9,1 kN/m	40,0	25,4	31,8
	Rekvermogen	>24 %	14,8%	23,3%	9,9%

Tabel 9 Treksterkte en rekvermogen vergelijking met eisen

### 5.3 Vergelijking resultaten geotechnisch onderzoek

Het geotechnisch onderzoek heeft als doel om de eigenschappen van het kunstgras te vergelijken met die van geotextiel in de functie van bodembescherming. Wanneer kunstgras vergelijkbare of betere eigenschappen heeft dan geotextiel is het potentieel geotechnisch mogelijk om het kunstgras te hergebruiken in de vorm van bodembescherming.

Om de resultaten van het geotechnisch onderzoek goed te kunnen vergelijken is een MCA (Multi Criteria Analyse) opgesteld. Hierin zijn de resultaten van de zanddoorlaatbaarheid proef en de trekbankproef onderling vergeleken. In het rapport 'Ontwerprichtlijn geokunststoffen onder steenbekleding' (Bakker & van Stee, 2012) is een maatgevende MCA opgesteld voor de glooiingsconstructie. Deze MCA staat weergegeven in 10.4 Bijlage 4.

Om de sterkte-eigenschappen van het kunstgras te vergelijken met die van geotextiel is er gekozen voor de MCA van de glooiingsconstructie, omdat volgens Tabel 9 alle soorten bodembescherming voldoen aan de eisen van de glooiingsconstructie.

In het rapport (Ontwerprichtlijn geokunststoffen onder steenbekleding) staan de weegfactoren van de zanddichtheid, treksterkte en rekvermogen van de MCA omschreven. Om een MCA van het geotechnisch onderzoek op te kunnen stellen, zijn de weegfactoren uit het rapport 'Ontwerprichtlijn geokunststoffen onder steenbekleding' overgenomen. Uit dit rapport blijkt dat de treksterkte en het rekvermogen samen 22,5% mee wegen en dat de zanddichtheid voor 12,5% meeweegt in de MCA.

De weegfactoren in Bijlage 4 MCA sterkte-eigenschappen 10.4 Bijlage 4 zijn in Tabel 10 naar verhouding omgerekend in 'Weegfactor (1)'. Deze weegfactoren zijn omgerekend, omdat de weegfactoren in de MCA uit het rapport 'Ontwerprichtlijn geokunststoffen onder steenbekleding' gebaseerd zijn op meer beoordelingscriteria dan in de MCA weergegeven in Tabel 10. Omdat de zanddichtheid op twee manieren is getest en de treksterkte en het rekvermogen apart zijn onderzocht, is 'Weegfactor (1)' gelijk verdeeld in 'Weegfactor (2)'.  
 De weegfactoren in Bijlage 4 MCA sterkte-eigenschappen 10.4 Bijlage 4 zijn in Tabel 10 naar verhouding omgerekend in 'Weegfactor (1)'. Deze weegfactoren zijn omgerekend, omdat de weegfactoren in de MCA uit het rapport 'Ontwerprichtlijn geokunststoffen onder steenbekleding' gebaseerd zijn op meer beoordelingscriteria dan in de MCA weergegeven in Tabel 10. Omdat de zanddichtheid op twee manieren is getest en de treksterkte en het rekvermogen apart zijn onderzocht, is 'Weegfactor (1)' gelijk verdeeld in 'Weegfactor (2)'.  
 Bij de scores van de hoogtemeetresultaten en weegresultaten krijgt het hoogste resultaat de score 0, omdat een hoog resultaat meer zanddoorlaat. Bij de treksterkte en het rekvermogen is het hoogste resultaat een 1. Doormiddel van 'Weegfactor (2)' zijn de scores van de MCA berekend.

Bij de scores van de hoogtemeetresultaten en weegresultaten krijgt het hoogste resultaat de score 0, omdat een hoog resultaat meer zanddoorlaat. Bij de treksterkte en het rekvermogen is het hoogste resultaat een 1. Doormiddel van 'Weegfactor (2)' zijn de scores van de MCA berekend.

Beoordelingscriteria			Resultaten			Weging		Score		
		Eenheid	Geotextiel	Voetbalkunstgras	Hockeykunstgras	Weegfactor (1)	Weegfactor (2)	Geotextiel	Voetbalkunstgras	Hockeykunstgras
Zandichtheid	Hoogtemeetresultaten	mm	0,67	0,47	0,42	36%	18%	0,00	0,05	0,07
	Weegresultaten	gram	5,03	4,13	1,80		18%	0,00	0,03	0,11
Trek en rek	Treksterkte	kN/m	39,95	25,38	31,75	64%	32%	0,32	0,20	0,26
	Rekvermogen	%	0,15	0,23	0,10		32%	0,20	0,32	0,14
<b>Som</b>						<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>0,53</b>	<b>0,61</b>	<b>0,57</b>

Tabel 10 MCA geotechnisch onderzoek

Uit de MCA in Tabel 10 blijkt dat voetbalkunstgras het best scoort op het rekvermogen, het geotextiel op de treksterkte en het hockeykunstgras op de zanddichtheid. De som van de scores is vergelijkbaar, waarbij de score van voetbalkunstgras het hoogst is.

## 6 Milieukundig onderzoek

Het milieukundig onderzoek heeft als doel de milieukundige gevolgen inzichtelijk krijgen wanneer kunstgras wordt toegepast als bodembescherming. In het milieukundig onderzoek wordt er onderzocht of er microplastics vrijkomen in het water en in welke mate dit zou gebeuren. Daarnaast is door SGS-Intron een uitloogonderzoek uitgevoerd naar het vrijkomen van milieubelastende stoffen, wanneer kunstgras onder water wordt toegepast.

### 6.1 Microplastics en verontreinigingen

Microplastic is een belangrijk en actueel onderwerp van het onderzoek. Volgens het RIVM komen microplastics op grote schaal voor in het milieu, maar zijn de risico's voor de mens en het ecosysteem grotendeels nog onbekend. Microplastics zijn deeltjes van een vaste kunststof die kleiner zijn dan 5 millimeter, zijn niet oplosbaar in water en zijn ook niet of zeer slecht afbreekbaar in het milieu (RIVM, 2021).

#### 6.1.1 Omschrijving

Momenteel zijn er meerdere bedrijven en instanties bezig met het ontwikkelen van een testmethode die microplastics kunnen aantonen. Omdat er op dit moment nog geen testmethodes of eisen zijn, hebben wij zelf een indicatieve testmethode bedacht om microplastics te kunnen aantonen en onderlinge verschillen te kunnen benoemen.

Het doel van deze proef is het aantonen of er microplastics van de gebruikte kunstgrasmatten komen, wanneer deze matten worden blootgesteld aan stromend water. Dit onderzoek draagt bij aan het beantwoorden van de eerste deelvraag: *“Is het milieutechnisch verantwoord om kunstgras te hergebruiken als bodembescherming in een waterkering?”*.

Om microplastics aan te kunnen tonen moeten deze als eerst worden gescheiden van de kunstgrasmat op een wijze die i.g.v. toepassing in een waterkering als ‘worste case’ kan worden beschouwd. Dit is gedaan door het schoon geklopte voetbalkunstgras en gebruikte hockeykunstgras voor een lange tijd bloot te stellen aan snelstromend water. Het hockeykunstgras is niet schoon geklopt voor het uitvoeren van de proef. Het stromende water ( $0.75 \text{ m}^1/\text{s}$ ) loopt door een filter aan het einde van de opstelling. Dit filter zal de microplastics opvangen. Het gebruikte filter is een filterdoek dat gebruikt wordt in luchtkanaalleidingen van klimaatbeheersing in kantoorpanden. Deze filters worden hier gebruikt om de doorstromende lucht te filteren van stof en andere kleine deeltjes. Er is gekozen voor dit filter, omdat dit filter in zijn eigen functie ook kleine deeltjes moet kunnen filteren. Het filter is voor en na (gedroogd) de proef gewogen.

Het filterdoek is op het einde van de opstelling geplaatst in 2 lagen. Door het filter met 2 lagen over elkaar te plaatsen is de openingsgrote verkleint en kan het filter kleinere deeltjes filteren.

De proef om microplastics aan te tonen is vier uur uitgevoerd. In deze vier uur zijn de filters één keer vervangen, dit is gedaan na 2 uur. Door het filter na twee uur te vervangen kan er gekeken worden naar het vrijkomen van de mogelijke verontreiniging nadat het kunstgras is schoongespoeld. Daardoor zal het voetbalkunstgras op twee manieren worden beoordeeld, namelijk:

De volgende testen zijn uitgevoerd:

1. Nulmeting om te controleren of de droogstap van de natte filters afdoende is

Het voetbalkunstgras op twee manieren, namelijk:

2. 2 uur, gebruikt, schoon geklopt
3. 2 uur, gebruikt, schoon geklopt en schoongespoeld

Het hockeykunstgras op 2 manieren, namelijk:

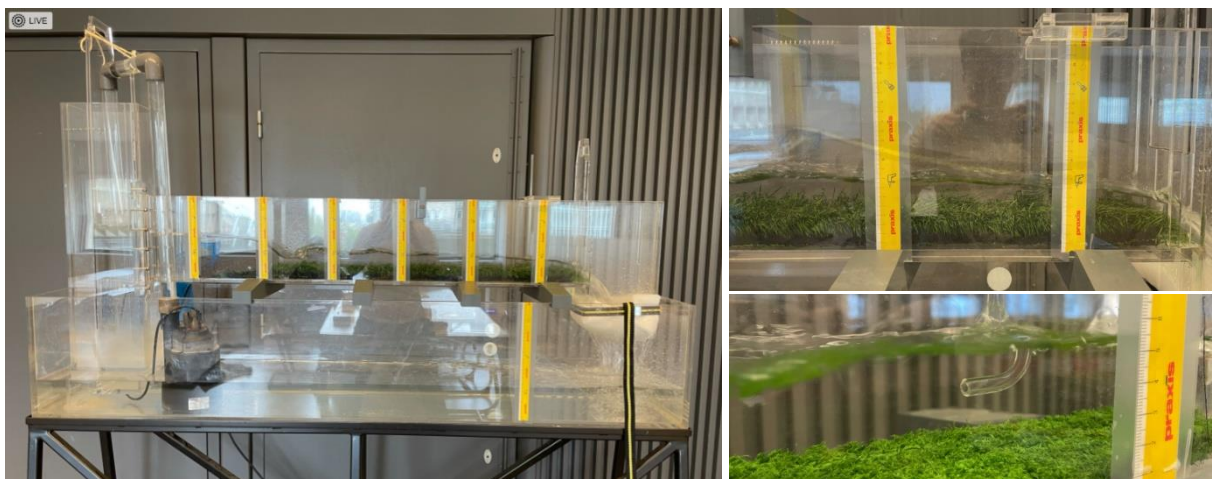
4. 2 uur gebruikt
5. 2 uur gebruikt, schoongespoeld

De proef zal een keer per kunstgras soort worden uitgevoerd. De geteste kunstgras soorten zijn: gebruikt waterhockeyveld en gebruikt voetbalveld met rubber infill.

Bij de nulmeting zijn de filters droog gewogen voor het uitvoeren van de proef. Na de belasting van de filters in de proef en na het drogen zijn de filters opnieuw gewogen. Uit de gewichtstoename kan per filter worden bepaald hoeveel (plastic) verontreiniging is vrijgekomen.

Tijdens deze proef is er gebruik gemaakt van de stroomgoot van de Hogeschool van Amsterdam. Het testveld van deze opstelling is 10,5 cm breed en 100 cm lang. Tijdens elke test was het debiet constant op 8.5 m<sup>3</sup>/uur. Tijdens de proef is doormiddel van het piëzometrisch niveau de stroomsnelheid berekend met de wet van Bernoulli. De stroomsnelheid was bij het testen van het voetbalkunstgras 0.75 m/s en bij het hockeykunstgras 0.77 m/s.

Op dit moment is dit de enige testmethode die voor ons haalbaar is, om aan te kunnen tonen of er microplastics vrijkomen uit het kunstgras.



Figuur 23 Proefopstelling microplastics



### 6.1.2 Meetmethodes

Na het uitvoeren van de proef (4 uur) zijn de filters verwijderd uit de opstelling. Hierna zijn het tweetal filters (na 2 uur en na 4 uur) beoordeeld op microplastics. In dit onderdeel staat omschreven hoe het kunstgras is beoordeeld op het verliezen van microplastics door het blootstellen aan stromend water.

#### **Optische beoordeling**

Als eerst zijn de filters optisch beoordeeld op de aanwezigheid van microplastics en eventuele andere deeltjes. Er is onderscheid gemaakt in de volgende onderdelen:

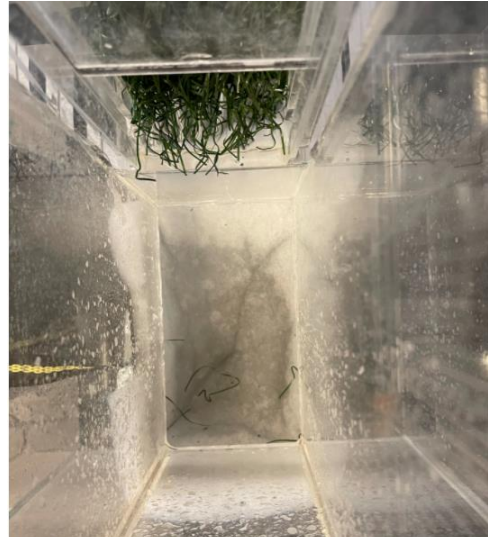
- Microplastics (kleiner dan 5 millimeter)
- Plastic (groter dan 5 millimeter)

Na deze optische beoordeling is een conclusie geschreven over uit welke kunstgras soort optisch de meeste plastics en microplastics zijn vrijgekomen tijdens de proef.

#### **Weging**

Naast een optische beoordeling is er als tweede meetmethode een weging van de (gedroogde) filters voor en na de test. Door deze weging is het gewicht bepaald van de vrijgekomen deeltjes uit het kunstgras. Dit verschil in gewicht zal niet alleen gaan over de microplastics, maar ook over eventueel vrijgekomen infill en andere verontreiniging. De eenheid van de vrijgekomen deeltjes is bepaald in  $g/m^2$ . De weegschaal die is gebruikt kan op 1/100 van een gram nauwkeurig meten.

De nulmeting is uitgevoerd om te bepalen of het drogen goed gelukt is en niet ten onrechte restvocht als plastic wordt gekwantificeerd.



Figuur 24 Filter microplastics



Figuur 25 Filterconstructie voor wegingen

### 6.1.3 Resultaten

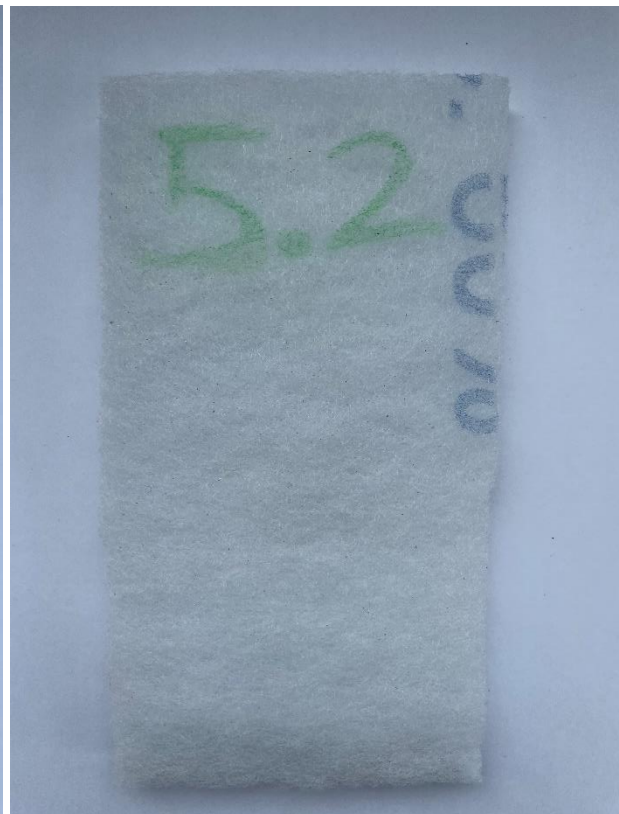
Het kunstgras is op twee manieren beoordeeld op microplastics en andere plastics. De eerste manier van beoordelen is een optische beoordeling. De tweede manier van beoordelen is het wegen van de filters voor en na de proef.

#### *Optische beoordeling*

Bij deze beoordeling is er gekeken naar de hoeveelheid zichtbare microplastics (<5 mm) en hoe veel andere plastics (>5mm) aanwezig is. Bij deze twee beoordelingscriteria is een score van 1 tot 5 te behalen, waarbij 5 geen plastics zichtbaar zijn en bij score 1 veel plastics zichtbaar zijn. Onderstaand zijn twee voorbeelden weergegeven, Het filter 4.1 in Figuur 27 heeft een score gekregen van 1, omdat hier veel deeltjes kleiner dan 5 mm zichtbaar zijn. Filter 4.1 is het voorste filter van de eerste twee uur meting van hockeykunstgras. Op het filter 5.2 In Figuur 26 zijn nagenoeg geen deeltjes zichtbaar, deze heeft dan ook een score van 4 gekregen. Filter 5.2 is het achterste filter na de tweede twee uur meting. Door deze te vergelijken is ook te zien wat het effect is van het spoelen van de kunstgras mat.



Figuur 27 Hockeykunstgras filter 4.1 microplastics score 1



Figuur 26 Hockeykunstgras filter 5.2 microplastics score 4

Deze twee filters zijn gekozen als voorbeeld, omdat deze twee optisch de uiterste zijn in de proef. Het linker filter is het filter dat is toegepast in de eerste twee uur van het hockeykunstgras, dit filter scoort negatief (laag) bij de optische beoordeling van plastics en microplastics. Een groot deel van de plastics en microplastics op dit filter bleken snijresten van de kunstgrasvezels en mat te zijn. Dit is mogelijk veroorzaakt bij het snijden van de mat voorafgaand aan de proef. Door de krullende structuur van deze vezels blijven de snijresten beter haken in de mat, waardoor deze in de proef terecht komen. Dit zou de reden kunnen zijn dat het hockeykunstgras slechter scoort dan van tevoren verwacht was.

In Tabel 11 zijn de resultaten weergegeven van de optische beoordeling. Tijdens de proef lag iedere keer filter x.1 bovenop en filter x.2 onderop. Van deze scores is een gemiddelde bepaald, de gemiddelde scores kan vervolgens worden vergeleken.

	Filter	Plastic (>5mm)	Microplastic (<5mm)
Nulmeting	1.1	5	5
	1.2	5	5
<b>Gem nulmeting</b>		<b>5</b>	<b>5</b>
Voetbalkunstgras geklopt	2.1	5	3
	2.2	5	2
Voetbalkunstgras gespoeld	3.1	5	3
	3.2	5	4
Voetbalkunstgras	Doek	1	1
<b>Gem voetbal</b>		<b>4,2</b>	<b>2,6</b>
Hockeykunstgras vies	4.1	3	1
	4.2	5	3
Hockeykunstgras gespoeld	5.1	5	3
	5.2	5	4
Hockeykunstgras	Doek	4	3
<b>Gem hockey</b>		<b>4,4</b>	<b>2,8</b>

Tabel 11 Optische beoordeling resultaten

Het voetbalkunstgras scoort op het beoordelingscriteria van plastic (>5mm) een gemiddelde van 4,2 en op die van microplastics (<5mm) een gemiddelde van 2,6. Het hockeykunstgras scoort een gemiddelde van 4,4 en 2,8 op deze beoordelingscriteria. De verschillen tussen de matten zijn lager dan van tevoren verwacht, aangezien het voetbalkunstgras in het verleden met rubber infill is voorzien, de verwachting was hierom dat deze infill ondanks het kloppen van de mat nog steeds vrij zou komen in het water.

Uit de optische beoordeling is moeilijk de herkomst te bepalen van de plastics en microplastics. Dit wil zeggen dat het onduidelijk is of de plastic verontreiniging afkomstig is van de vezel, infill, slijtage van de mat of andere verontreiniging.

### Weegresultaten

De tweede beoordelingswijze is het wegen van de filters. De filters worden eerst droog gewogen, hierna wordt de proef uitgevoerd en worden de filters een lange periode gedroogd in een droge ruimte met constante temperatuur. Nadat de filters geheel droog zijn, worden de filters weer gewogen en kan er een verschil tussen voor en na de proef berekend worden. Dit verschil zijn de deeltjes die het filter gefilterd heeft uit de bak, deze deeltjes zijn vrijgekomen uit het kunstgras.

Uit de nulmeting op onbelaste filters is gebleken dat er bij een filter geen en bij het andere filter een geringe gewichtstoename is. Gemiddeld 0,01 gram per filter. Gezien de hoogte van de gewichtstoename van de wel belaste filters en het indicatieve karakter van deze meting is het gerechtvaardigd om de hoeveelheid restvocht als verwaarloosbaar buiten beschouwing te laten.

	Test	Filter	Voor (gr)	Na (gr)	Vershil (gr)
Nulmeting	1	1,1	3,79	3,81	0,02
		1,2	3,55	3,55	0,00
Nulmeting totaal					<b>0,02</b>
Voetbalkunstgras geklopt	2	2,1	3,76	3,84	0,08
		2,2	3,31	3,40	0,09
Voetbalkunstgras gespoeld	3	3,1	3,65	3,74	0,09
		3,2	3,76	3,83	0,07
Voetbalkunstgras		Doek	20,91	21,33	0,42
Voetbalkunstgras totaal					<b>0,75</b>
Hockeykunstgras vies	4	4,1	4,12	4,18	0,06
		4,2	3,81	3,89	0,08
Hockeykunstgras gespoeld	5	5,1	3,24	3,28	0,04
		5,2	3,21	3,27	0,06
Hockeykunstgras		Doek	21,10	21,37	0,27
Hockeykunstgras totaal					<b>0,51</b>

Tabel 12 Weegresultaten

In Tabel 12 zijn de weegresultaten van de proef weergegeven. In deze tabel is te zien dat het hockeykunstgras (test 4 en 5) beter scoort dan voetbalkunstgras (test 2 en 3). De wegingen van kunstgrassoorten worden per kunstgrassoort bij elkaar opgeteld tot een totaalgewicht. Dit totaalgewicht bestaat uit 4 filters en het doek. In de totale weging is duidelijk zichtbaar dat er minder gewicht aan plasticverontreiniging uit het waterhockeyveld is vrijgekomen dan uit het voetbalkunstgras.

#### 6.1.4 Conclusie

De resultaten van de optische beoordeling en de weegresultaten zijn samengevoegd in een MCA (Multi Criteria Analyse). Door gebruik te maken van een MCA kunnen de resultaten doormiddel van een weegfactor met elkaar vergeleken worden. Voor het gewicht is de grootste weegfactor gekozen van 55%, omdat dit een objectief bepaald meetresultaat is en niet afhankelijk is van de visuele waarneming, waarbij de bijdrage van kleine of kleurloze deeltjes onderschat kan zijn. De microplastics (<5mm) hebben de kleinste bijdrage van 20%, omdat deze het moeilijkst te beoordelen is en plastic (>5 mm) heeft een beoordeling van 25%.

	Resultaten voetbal	Resultaten hockey	Max	Weging (%)	Score voetbal	Score hockey
Plastic (optische score)	4,2	4,4	4,4	20%	0,19	0,20
Microplastic (optische score)	2,6	2,8	2,8	25%	0,23	0,25
Gewicht (gr)	0,75	0,51	0,75	55%	0,45	0,63
<b>Totaal</b>				<b>100%</b>	<b>0,87</b>	<b>1,08</b>

Tabel 13 MCA-weegresultaten en optische beoordeling

De MCA in Tabel 13 is gebaseerd op de totaalscore van voetbalkunstgras en hockeykunstgras die behaald zijn in Tabel 11 en Tabel 12. De uitslag van de MCA is dat het hockeykunstgras op het vrijkomen van microplastics en andere verontreinigingen beter scoort op zowel een optische beoordeling als op de weegresultaten.

Uit de resultaten van het indicatieve onderzoek blijkt dat de optisch beoordeling van het voetbalkunstgras en hockeykunstgras dicht bij elkaar liggen en dat ze hiermee dus vergelijkbaar zijn. Echter komt de hoge score van hockeykunstgras mogelijk doordat bij het snijden van hockeykunstgras er meer loskomende vezels vastgehouden worden door de krullende vezels. Deze losse vezels worden vervolgens meegenomen in de proef en heeft hierdoor effect op de resultaten. Wanneer het hockeykunstgras goed gereinigd is voor het uitvoeren van de proef, zou naar verwachting deze ook significant beter scoren dan voetbalkunstgras op de optische beoordeling en de weegresultaten.

In de resultaten van Tabel 11 is ook het effect van het uitspoelen goed waar te nemen. Zo heeft het 'hockeykunstgras vies' een score van 1 en 3 gekregen bij microplastics en 'hockeykunstgras gespoeld' de score 3 en 4. Hieruit is te concluderen dat een goede (natte) reiniging veel invloed kan hebben op het vrijkomen van plastics en microplastics.



## 6.2 Uitloogonderzoek

Naast het onderzoek naar microplastics is er ook onderzoek gedaan naar het uitlooggedrag van kunstgras, wanneer het kunstgras is toegepast in de functie van bodembescherming in de waterbouw. Door een uitloogproef te doen kan worden onderzocht welke stoffen er vrijkomen uit het kunstgras en of deze stoffen invloed hebben op de omgeving.

### 6.2.1 Omschrijving

In dit uitloogonderzoek zijn twee typen kunstgras (voetbal met rubbergranulaat infill en volwater hockey) met een gebruiksduur van 10 jaar onderzocht. In dit onderzoek is de nadruk gelegd op de emissie van organische- en anorganische parameters die door het RIVM als relevant zijn aangemerkt in het rapport “*Verkennen milieueffecten rubbergranulaat bij kunstgrasvelden*” (Verschoor, Bodar, Baumann, & RIVM, 2018). De relevante parameters zijn: zware metalen (kobalt en zink), PAK’s, PFAS en benzothiazol. Benzothiazol is alleen bij het voetbalkunstgras relevant, omdat deze stof mogelijk kan uitloggen uit de rubbergranulaat infill-resten.

Door het kunstgras in contact te brengen met water in de vorm van een schudproef, is vastgesteld of en in welke maten uitloging plaatsvindt van de relevante parameters. Daarnaast is bepaald wat het verschil in uitloging is tussen de twee onderzochten kunstgrassoorten.



Figuur 28 Gesneden kunstgras (Creuwels, 2021)



Figuur 30 Uitloogvaten (Creuwels, 2021)



Figuur 29 Filtratie residu (Creuwels, 2021)

Als eerst is het kunstgras versneden tot stukken van ca. 2 cm en voor 24 uur in contact gebracht met water. De schudproef is uitgevoerd volgens de NEN-EN 12457-2, waarbij het kunstgras een vloeistof/vaste stof verhouding van L/S=10 heeft. Tijdens deze proef werd het kunstgras gedurende 24 uur kop over top gekanteld. Na afloop van de contacttijd wordt de uitloogvloeistof gedecanteerd en gefiltreerd om alle vaste delen (restantkunstgras vezel en evt restant rubber infill) te verwijderen. In het eluaat worden vervolgens de concentraties van de parameters vastgesteld (Creuwels, 2021).

### 6.2.2 Resultaten

Uit de resultaten van het uitloogonderzoek blijkt dat in het uitloogwater van beide typen kunstgras geen aantoonbare concentraties aan kobalt (Co), PFAS en benzothiazol zijn vastgesteld. Alleen bij het voetbalkunstgras met rubber infill is een potentiële emissie van zink (Zn) geconstateerd. Daarnaast zijn bij het hockey volwaterveld en het voetbalkunstgras enkele PAK componenten in vergelijkbare concentraties, net boven de aantoonbaarheidsgrens vastgesteld. Onderstaand zijn de resultaten van de schudproef weergegeven in de vorm van een tabel.

Onderzochte emissie	Type kunstgras	
	Voetbal kunstgras (10 jaar gebruikt) vooraf door aanvullende bewerking ontdaan van rubber infill.	Volwater hockey kunstgras
Kobalt (Co)		
Zink (Zn)		
PFAS		
PAK's	Fluorantheen, fluoreen, fenantreen, pyreen	Fluorantheen, fluoreen, fenantreen
Benzothiazol		

Geen emissie vastgesteld boven de aantoonbaarheidsgrens van de analyse
Concentraties aangetoond boven de aantoonbaarheidsgrens van de analysemethode

Figuur 31 Resultaten schudproef (Creuwels, 2021)

### 6.2.3 Conclusie

Uit de resultaten van het uitloogonderzoek is te concluderen dat er sprake is van een beperkte uitloging van zink uit de resten van de rubbergranulaat infill die is toegepast bij het voetbalkunstgras. Daarnaast zijn enkele PAK-verbindingen in zeer lage gehalten in het uitloogwater van beide type kunstgras aangetoond. De mate van uitloging van de PAK-verbindingen ligt in de orde grootte van de detectiegrens en lijkt hierdoor geen serieuze belasting voor het aquatische milieu.

De andere belangrijke parameters (PFAS, Kobalt en Zink) die zijn omschreven in het RIVM-rapport (Verschoor, Bodar, Baumann, & RIVM, 2018) zijn niet aangetroffen in het kunstgras of het eluaat.

Uit dit uitloogonderzoek komt naar voren dat het hergebruiken van gebruikt en eenvoudig gereinigd (schoon geklopt) kunstgras geen milieukundige risico's op zullen treden.

## 7 Samenvatting

In dit hoofdstuk worden de resultaten uit de deelonderzoeken samengevat.

### *Geotechnisch onderzoek*

#### *Geotechnisch onderzoek*

Het geotechnisch onderzoek bestaat uit een zanddoorlaatbaarheid proef en een trekbankproef. De zanddoorlaatbaarheid proef is opgesteld om een vergelijking te kunnen maken tussen geotextiel en de soorten kunstgras. Uit het geotechnisch onderzoek blijkt dat de kunstgrassoorten minder zanddoorlaten dan het geotextiel. Dit blijkt uit zowel de methode van de hoogtemetingen als uit de wegingen. Deze conclusie is mogelijk ook beïnvloed doordat het kunstgras een betere aansluiting had met de bak door de kunstgras vezels, waardoor er in de proefopstelling bij het kunstgras minder uitspoeling langs de randen optreedt. Het doel van de zanddoorlaatbaarheid proef is de zanddoorlaatbaarheid vergelijken van de soorten kunstgras met het regulier gebruikte geotextiel. Uit dit onderzoek blijkt dat de zanddoorlaatbaarheid van de soorten kunstgras vergelijkbaar of beter is aan geotextiel. Hierom is te concluderen dat de zanddoorlaatbaarheid van kunstgras als voldoende beschouwd kan worden.

Naast de zanddoorlaatbaarheid proef is in het geotechnisch onderzoek ook een trekbank proef uitgevoerd. In deze trekbankproef zijn de treksterkte en het rekvermogen van geotextiel en kunstgras gemeten en onderling vergeleken. Uit deze proef blijkt dat de treksterkte van geotextiel hoger is dan van het kunstgras. Ondanks dat het hockeykunstgras van een waterveld een lagere treksterkte heeft dan geotextiel kan deze als voldoende beschouwd worden, omdat deze wel voldoet aan de producteisen van het maatgevende project in de Abraham Wissepolder. In de trekbankproef is naast de treksterkte ook het rekvermogen getest. Het rekvermogen van voetbalkunstgras blijkt uit deze proef hoger (stikrichting dwars op de trekkracht) of gelijk (stikrichting met de trekkracht mee) te zijn aan die van geotextiel. Ook blijkt uit deze proef dat het hockeykunstgras van een waterveld een lager rekvermogen heeft dan geotextiel. Beide soorten kunstgras voldoen aan de treksterkte- en rekvermogen eisen van de glooiingsconstructie. De eisen van deze constructie staan beschreven in het onderdeel 5.2.5.

### *Milieukundig*

In het milieukundig onderzoek is onder anderen het vrijkomen van plastics en microplastics onderzocht. Het doel van dit onderzoek is het beoordelen of microplastics uit gebruikt kunstgras kunnen vrijkomen en in welke mate. Uit dit indicatieve onderzoek blijkt dat uit voetbalkunstgras en hockeykunstgras van een waterveld resten infill, losse vezels en microplastics vrijkomen. Wel blijkt dat er bij hockeykunstgras (waterveld) minder verontreiniging is vrijgekomen. Dit komt overeen met de verwachting, omdat bij het hockeykunstgras geen infill is toegepast. Het is aannemelijk dat met een extra reinigungsstap van de kunstgrasmatten het risico op vrijkomen van plastics en microplastics kan worden beperkt bij toepassing in de waterbouw.

Naast het onderzoek naar microplastics is in het milieukundig onderzoek ook een uitloogproef uitgevoerd door SGS-intron. Door een uitloogproef te doen kan worden onderzocht welke stoffen er vrijkomen uit het kunstgras en of deze stoffen invloed hebben op de omgeving. Uit dit uitloogonderzoek komt naar voren dat het hergebruiken van gebruikt en eenvoudig gereinigd (schoon geklopt) kunstgras geen milieukundige risico's met zich meebrengt.

### *Samengevat*

Uit de onderzoeken blijkt dat zowel voetbalkunstgras (D16) als hockeykunstgras (K42) potentie hebben om toegepast te worden als bodembescherming waar nu geotextiel wordt toegepast. Door dit resultaat te combineren met het resultaat uit het milieukundig onderzoek, blijkt dat het kunstgras van een hockeywaterveld de beste potentie heeft voor toepassing is in de functie van geotextiel.

## 8 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk komen de antwoorden op de gestelde deelvragen aan de orde. Bij elke deelvraag is ook een aanbeveling geformuleerd, waarmee de deelvraag in de toekomst wellicht beter beantwoord kan worden. De deelvragen zijn van geotechnische, milieukundige en uitvoeringstechnische aard. De antwoorden van de deelvragen leiden samen tot het antwoord op de hoofdvraag.

### *Geotechnisch*

Het geotechnisch onderzoek is opgesteld met als doel antwoord geven op de eerder opgestelde deelvraag:

*Is het (geotechnisch) mogelijk om kunstgras te hergebruiken als bodembescherming i.p.v. geotextiel in de waterbouw?*

Gebaseerd op de onderzochte eigenschappen tijdens de zanddoorlaatbaarheid- en de trekbank proef is te concluderen dat de sterke eigenschappen van zowel het voetbalkunstgras als het hockeykunstgras vergelijkbaar zijn aan de eigenschappen van geotextiel. Ook blijkt uit voor- en literatuuronderzoek dat de waterdoorlaatbaarheid voor zowel voetbalkunstgras als hockeykunstgras van een waterveld voldoet aan de eisen voor de waterdoorlaatbaarheid bij het maatgevende project (Abraham Wissepolder). Uit dit onderzoek blijkt dat het kunstgras potentieel hergebruikt kan worden als bodembescherming in de waterbouw i.p.v. geotextiel.

Om de deelvraag m.b.t. geotechnische eisen vollediger te kunnen valideren zijn er nog een aantal onderzoeken uit te voeren, welke in het kader van deze afstudeeropdracht niet konden worden uitgevoerd:

- Waterdoorlaatbaarheid            EN ISO 11058
- Levensduur                            NEN-EN-ISO 13438
- Zanddoorlaatbaarheid            EN ISO 12956
- Perforatieweerstand            EN 918
- Doorponsweerstand            EN ISO 12236

In het geotechnisch onderzoek is de zanddoorlaatbaarheid van het kunstgras vergeleken met die van geotextiel. Om de eis van de zanddoorlaatbaarheid goed te kunnen valideren moet er nog een natte zeeftest worden uitgevoerd. Doordat er in Nederland en België geen partij is gevonden die binnen de onderzoek tijd een natte zeeftest kon uitvoeren is deze proef niet uitgevoerd. Verder is er ook geen laboratorium gevonden die bereid is om een opstelling te bouwen volgens de Nen-norm om de waterdoorlaatbaarheid-, levensduur-, perforatieweerstand- en de doorponsweerstand proef uit te voeren. Volgens SGS-Intron is het opbouwen en uitvoeren van deze vier proeven volgens de Nen-norm tijdsintensief en kostbaar.

Verder is ook in het voor-, literatuur- en geotechnisch onderzoek onderzocht wat de mogelijke toepassingen zijn van het kunstgras. Dit is onderzocht naar aanleiding van de volgende deelvraag:

*Op welke verschillende wijze kan het kunstgras worden toegepast als bodembescherming?*

Uit de vergelijking van de resultaten van het geotechnisch onderzoek en de eisen van de Abraham Wissepolder blijkt dat beide kunstgrassoorten potentieel toegepast kunnen worden in de glooiingsconstructie. Ook blijkt dat het voetbalkunstgras (D16), met de stikrichting dwars op de trekkracht, mogelijk ook voldoet aan de eisen van de vooroeverconstructie. Hier is uitgegaan dat de richting van de maatgevende kracht één kant op is. Uit het onderzoek blijkt dat wanneer de stikrichting dwars op de krachten loopt het voetbalkunstgras de grootste treksterkte en rekvermogen heeft en hierdoor potentieel voldoet aan de gestelde eisen van de vooroeverconstructie. Het hockeykunstgras voldoet niet aan de eisen van de vooroeverconstructie door het lage rekvermogen.

Door het grotere eigengewicht en goede sterke eigenschappen van kunstgras, zijn er wellicht ook andere toepassingen in de waterbouw denkbaar waar het kunstgras kan voldoen, waar geotextiel te weinig eigen stabiliteit heeft. Daarnaast stelde Van Aalsburg voor om het kunstgras te gebruiken als geotextiel in de wegenbouw. Hier worden geheel ander eisen aan gesteld en zal dus opnieuw moeten worden onderzocht.

#### *Milieukundig*

Uit het voor- en literatuuronderzoek is gebleken dat het milieukundig onderzoek een belangrijk onderdeel is om de haalbaarheid op de milieukundige aspecten te kunnen valideren. Het doel van het milieukundig onderzoek is het beantwoorden van de volgende deelvraag.

*Is het milieutechnisch verantwoord om kunstgras te hergebruiken als bodembescherming in een waterkering?*

Gebaseerd op het onderzoek naar plastics en microplastics is te concluderen dat de vrijkomende verontreiniging van hockeykunstgras van een waterveld en voetbalkunstgras vergelijkbaar zijn met elkaar. Wel scoort hockeykunstgras beter op de MCA en is hierom beter toepasbaar dan voetbalkunstgras.

Op basis van het uitloogonderzoek is te concluderen dat het potentieel verantwoord is om het kunstgras te hergebruiken als bodembescherming. Wel moet het uitloogonderzoek herhaald worden op met name voetbalkunstgras van meerdere velden om de betrouwbaarheid van het onderzoek te verbeteren (grotere representativiteit).

Aanbevolen wordt om een extra reinigungsstap te overwegen, aansluiten op het droog leegkloppen van de mat. Een natte reiniging van de omgekeerde mat kan vermoedelijk het vrijkomen van plastics, microplastics en daarmee het uitloggen van zink (Zn) tot een minimum beperken t.b.v. toepassing in de waterbouw.

Verder is het aan te raden om de MKI-waarden (milieukosten indicator) te onderzoeken van het toepassen van hergebruikt kunstgras in de waterbouw in de functie van geotextiel. Wanneer er minder CO<sub>2</sub> vrijkomt bij de levenscyclus van deze toepassing is dit een groot voordeel ten opzichte van geotextiel. De MKI-waarden staat nader toegelicht in het voor- en literatuuronderzoek.



### *Uitvoering*

De conclusie en aanbeveling voor de uitvoering zijn voornamelijk opgesteld aan de hand van het mondeling advies van Van Aalsburg. Om goed te valideren of de toepassing praktisch haalbaar is, is de volgende deelvraag opgesteld.

*Is het praktisch mogelijk om het kunstgras aan te brengen als duurzame bodembescherming?*

Uit meerdere locatie bezoeken aan Van Aalsburg blijkt dat zij de toepassing van kunstgras als bodembescherming haalbaar achten, maar dat zij nog voorzichtig zijn over een aantal onderdelen van de uitvoering. Zij zijn voornamelijk voorzichtig met een uitspraak doen over de handteerbaarheid van het kunstgras ten opzichte van het geotextiel. Dit heeft voornamelijk te maken met het gewicht en de flexibiliteit van het kunstgras. Het grotere gewicht en volume is ook nadelig voor het transport. In potentie zou het praktisch mogelijk kunnen zijn om kunstgras toe te passen als bodembescherming.

Verder verwacht Van Aalsburg dat het mogelijk is om het kunstgras te naaien als hechtingsmethoden. Ook denkt Van Aalsburg dat wanneer het milieukundig goed onderzocht is er een hogere MKI-score behaald kan worden, waardoor mogelijk opdrachten gewonnen kunnen worden.

Om deze deelvraag volledig te kunnen valideren is een pilotproject nodig. In deze pilot kan de praktisch uitwerking beoordeeld worden en kan duidelijk worden welke aanpassingen nog gedaan moeten worden aan de huidige aanlegmethode.

### Hoofdvraag

Het doel van dit onderzoek is het valideren van de toepassing van kunstgras in de functie van geotextiel. De deelvragen zijn beantwoord op basis van het voor-, literatuur-, geotechnisch- en milieukundig onderzoek. Doormiddel van de deelvragen is de volgende hoofdvraag beantwoord:

*Kan kunstgras hergebruikt worden als bodembescherming in de waterbouw, op plaatsen waar in de regel geotextiel wordt toegepast?*

Uit dit onderzoek is gebleken dat de sterkte-eigenschappen van kunstgras vergelijkbaar zijn met die van geotextiel. Hieruit is te concluderen dat kunstgras potentie heeft om gebruikt te worden in de functie van geotextiel als bodembescherming. Wel is het milieukundig onderzoek op dit moment nog onvoldoende om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden.

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende onderzoeken noodzakelijk:

- Sterkte-eigenschappen
  - Waterdoorlaatbaarheid            EN ISO 11058
  - Levensduur                            NEN-EN-ISO 13438
  - Zanddoorlaatbaarheid            EN ISO 12956
  - Perforatieweerstand            EN 918
  - Doorponsweerstand            EN ISO 12236
- Milieukundig
  - Uitloogonderzoek                NEN-EN 12457-2
  - MKI-score
- Praktische uitvoering
  - Pilot

Het voetbalkunstgras (K06) heeft volgens de fabrikant een hogere treksterkte dan het gebruikte voetbalkunstgras (D16) en hockeywaterveld (K42). De treksterkte van voetbalkunstgras K06 is (37 kN/m) ten opzichte van D16 (21 kN/m) en K42 (30 kN/m). Ook het rekvermogen van het voetbalkunstgras (K06) is hoger dan die van voetbalkunstgras (D16) en hockeykunstgras van een waterveld (K42). Hierom wordt aangeraden om voetbalkunstgras (K06) mee te nemen in de noodzakelijke nog uit te voeren onderzoeken, omdat deze op de sterkte-eigenschappen de meeste potentie heeft. Dit voetbalkunstgras (K06) is niet onderzocht in dit onderzoek, omdat dit gebruikte kunstgras niet beschikbaar was bij GBN/AGR (Leverancier testmonsters).

## 9 Bibliografie

- Bakker, F., & van Stee, K. (2012). *Ontwerprichtlijn geokunststoffen onder steenbekleding*. Middelburg.
- Bos, E. (2019). *Duurzaam golfbaan beheer, Zand*. De Koninklijke Nederlandse Golf Federatie.
- Cirkel, J., Dam, C. v., & Deltaris. (2015). *Handreiking dijkbekleding*.
- Creuwels, H. J. (2021). *Milieuhygiënisch onderzoek hergebruik kunstgras*. SGS.
- Materiaaleigenschappen geotextiel. (sd). *rijksoverheid.nl*. Opgehaald van <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bouwstoffen-en-afvalstoffen/geotextiel/materiaaleigenschappen-geo106744>
- Postma, J., van der Oost, R., & STOWA. (2018). *STOWA - Verkenning milieueffecten voor het aquatisch ecosysteem*. Amersfoort.
- RIVM. (2021, mei 05). *Microplastics*. Opgehaald van rivm.nl: <https://www.rivm.nl/microplastics>
- sportbelijning*. (2018). Opgehaald van [http://www.sportbelijning.nl/Kunstgras\\_recycling\\_renovatie\\_voetbal\\_hockey\\_tennis\\_korfbal.html](http://www.sportbelijning.nl/Kunstgras_recycling_renovatie_voetbal_hockey_tennis_korfbal.html)
- Stee, F. B. (2012). *Ontwerprichtlijn geokunststoffen onder*. Middelburg.
- SYNLAB. (2021, februari 15). *Uitloogonderzoek*. Opgehaald van SYNLAB: <http://nl.alcontrol.com/nl/uitloogonderzoek-netherlands>
- Technische adviescommissie voor de waterkeringen. (2001). *Technisch Rapport Waterkerende grondconstructies*. Den Haag.
- van Hogezaand, D., & Termes, I. (2017). *Dictaat Water*.
- Verschoor, A., Bodar, C., Baumann, R., & RIVM. (2018). *Verkennen milieueffecten rubbergranulaat bij kunstgrasvelden*.

## 10 Bijlagen

### 10.1 Bijlage 1 Resultaten hoogtemetingen (0 min; 180 min)

Test 1 geotextiel 55x55				Test 2 geotextiel 55x55				Test 3 geotextiel 55x55			
Meetpunt	0 min	180 min	Vershil (mm)	Meetpunt	0 min	180 min	Vershil (mm)	Meetpunt	0 min	180 min	Vershil (mm)
1	155	155	0	1	150	150	0	1	154	155	1
2	155	155	0	2	155	154	-1	2	159	159	0
3	152	149	-3	3	156	155	-1	3	159	159	0
4	152	152	0	4	162	162	0	4	164	165	1
5	155	154	-1	5	166	166	0	5	167	166	-1
6	152	152	0	6	166	166	0	6	164	164	0
7	148	149	1	7	166	165	-1	7	165	165	0
8	146	146	0	8	164	164	0	8	161	163	2
9	153	153	0	9	162	164	2	9	160	160	0
10	135	134	-1	10	159	159	0	10	158	159	1
11	140	140	0	11	157	158	1	11	156	158	2
12	139	135	-4	12	159	159	0	12	158	159	1
13	120	105	-15	13	170	175	5	13	168	168	0
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,83</b>	Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,50</b>	Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,67</b>

Test 4 voetbalkunstgras				Test 5 voetbalkunstgras				Test 6 voetbalkunstgras			
Meetpunt	0 min	180 min	Vershil (mm)	Meetpunt	0 min	180 min	Vershil (mm)	Meetpunt	0 min	180 min	Vershil (mm)
1	140	140	0	1	144	144	0	1	142	139	-3
2	142	142	0	2	139	139	0	2	140	139	-1
3	143	144	1	3	143	143	0	3	144	144	0
4	136	137	1	4	134	134	0	4	134	135	1
5	134	136	2	5	134	133	-1	5	134	133	-1
6	139	139	0	6	137	137	0	6	135	135	0
7	135	135	0	7	134	133	-1	7	131	132	1
8	135	135	0	8	134	134	0	8	133	133	0
9	138	137	-1	9	136	136	0	9	144	144	0
10	134	135	1	10	135	134	-1	10	139	137	-2
11	141	140	-1	11	140	140	0	11	143	143	0
12	142	141	-1	12	140	140	0	12	140	140	0
13	148	148	0	13	147	147	0	13	142	145	3
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,67</b>	Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,25</b>	Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,50</b>

Test 7 hockeykunstgras				Test 8 hockeykunstgras				Test 9 hockeykunstgras			
Meetpunt	0 min	180 min	Vershil (mm)	Meetpunt	0 min	180 min	Vershil (mm)	Meetpunt	0 min	180 min	Vershil (mm)
1	152	152	0	1	150	150	0	1	147	146	-1
2	145	145	0	2	147	148	1	2	151	146	-5
3	152	151	-1	3	148	148	0	3	148	149	1
4	151	151	0	4	144	145	1	4	148	148	0
5	148	148	0	5	145	145	0	5	147	147	0
6	148	149	1	6	148	148	0	6	145	145	0
7	144	144	0	7	144	144	0	7	145	145	0
8	148	148	0	8	144	144	0	8	145	145	0
9	151	151	0	9	148	148	0	9	149	150	1
10	147	148	1	10	145	145	0	10	147	148	1
11	144	144	0	11	147	146	-1	11	143	143	0
12	148	149	1	12	145	145	0	12	144	144	0
13	154	154	0	13	150	153	3	13	148	148	0
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,33</b>	Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,25</b>	Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,67</b>

## 10.2 Bijlage 2 Resultaten hoogtemetingen (0 min; 120 min)

Test 1 geotextiel 55x55			
Meetpunt	0 min	120 min	Vershil (mm)
1	155	154	-1
2	155	155	0
3	152	150	-2
4	152	151	-1
5	155	155	0
6	152	151	-1
7	148	147	-1
8	146	147	1
9	153	153	0
10	135	135	0
11	140	140	0
12	139	136	-3
13	120	111	-9
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,75</b>

Test 2 geotextiel 55x55			
Meetpunt	0 min	120 min	Vershil (mm)
1	150	155	5
2	155	155	0
3	156	155	-1
4	162	162	0
5	166	165	-1
6	166	166	0
7	166	166	0
8	164	164	0
9	162	161	-1
10	159	159	0
11	157	158	1
12	159	159	0
13	170	175	5
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,33</b>

Test 3 geotextiel 55x55			
Meetpunt	0 min	120 min	Vershil (mm)
1	154	156	2
2	159	159	0
3	159	159	0
4	164	164	0
5	167	166	-1
6	164	164	0
7	165	165	0
8	161	161	0
9	160	160	0
10	158	159	1
11	156	156	0
12	158	159	1
13	168	168	0
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,25</b>

Test 4 voetbalkunstras			
Meetpunt	0 min	120 min	Vershil (mm)
1	140	140	0
2	142	141	-1
3	143	142	-1
4	136	138	2
5	134	135	1
6	139	139	0
7	135	135	0
8	135	135	0
9	138	138	0
10	134	134	0
11	141	140	-1
12	142	140	-2
13	148	148	0
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,67</b>

Test 5 voetbalkunstras			
Meetpunt	0 min	120 min	Vershil (mm)
1	144	144	0
2	139	138	-1
3	143	143	0
4	134	134	0
5	134	133	-1
6	137	137	0
7	134	134	0
8	134	134	0
9	136	136	0
10	135	134	-1
11	140	140	0
12	140	139	-1
13	147	147	0
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,33</b>

Test 6 voetbalkunstras			
Meetpunt	0 min	120 min	Vershil (mm)
1	142	139	-3
2	140	140	0
3	144	143	-1
4	134	135	1
5	134	134	0
6	135	135	0
7	131	132	1
8	133	133	0
9	144	144	0
10	139	138	-1
11	143	144	1
12	140	142	2
13	142	144	2
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,58</b>

Test 7 hockeykunstras			
Meetpunt	0 min	120 min	Vershil (mm)
1	152	153	1
2	145	146	1
3	152	152	0
4	151	151	0
5	148	148	0
6	148	148	0
7	144	144	0
8	148	147	-1
9	151	151	0
10	147	147	0
11	144	144	0
12	148	148	0
13	154	155	1
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,17</b>

Test 8 hockeykunstras			
Meetpunt	0 min	120 min	Vershil (mm)
1	150	150	0
2	147	147	0
3	148	147	-1
4	144	145	1
5	145	145	0
6	148	148	0
7	144	144	0
8	144	144	0
9	148	148	0
10	145	145	0
11	147	147	0
12	145	145	0
13	150	151	1
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,17</b>

Test 9 hockeykunstras			
Meetpunt	0 min	120 min	Vershil (mm)
1	147	147	0
2	151	148	-3
3	148	148	0
4	148	148	0
5	147	147	0
6	145	145	0
7	145	145	0
8	145	145	0
9	149	149	0
10	147	147	0
11	143	143	0
12	144	144	0
13	148	148	0
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>0,25</b>

Test 10 geen bodembescherming			
Meetpunt	0 min	120 min	Vershil (mm)
1	145	147	2
2	167	144	-23
3	160	158	-2
4	161	168	7
5	158	172	14
6	165	169	4
7	160	163	3
8	162	165	3
9	169	172	3
10	164	164	0
11	163	170	7
12	164	161	-3
13	152	171	19
Gemiddelde verschil (2;12) t.o.v. t=0 min			<b>5,75</b>



### 10.3 Bijlage 3 Resultaten wegingen

Geotextiel	Filter	Voor (g)	Na (g)	Verschil (g)	Doorlaatbaarheid (g/m <sup>2</sup> )
Meetreeks 1	1.1	7,8	10,3	2,5	3,7
	1.2	7,4	8,8	1,4	2,1
	1.3	6,6	7,9	1,3	1,9
	Totaal	21,8	27	5,2	7,7
Meetreeks 2	2.1	6,5	8,5	2	3,0
	2.2	6,8	8,4	1,6	2,4
	2.3	7,1	8,4	1,3	1,9
	Totaal	20,4	25,3	4,9	7,3
Meetreeks 3	3.1	7,3	9,7	2,4	3,6
	3.2	7,4	8,8	1,4	2,1
	3.3	7,4	8,6	1,2	1,8
	Totaal	22,1	27,1	5	7,4
Geotextiel		Gemiddeld		5,0	
<b>Kuntsgras voetbalveld</b>		Voor	Na	Verschil	Doorlaatbaarheid (g/m <sup>2</sup> )
Meetreeks 4	4.1	7,4	9,3	1,9	2,8
	4.2	6,7	8,4	1,7	2,5
	4.3	6,4	7,7	1,3	1,9
	Totaal	20,5	25,4	4,9	7,3
Meetreeks 5	5.1	7,3	8,7	1,4	2,1
	5.2	7,9	8,7	0,8	1,2
	5.3	7,9	8,7	0,8	1,2
	Totaal	23,1	26,1	3	4,5
Meetreeks 6	6.1	7,5	9,6	2,1	3,1
	6.2	7	8,4	1,4	2,1
	6.3	6,9	7,9	1	1,5
	Totaal	21,4	25,9	4,5	6,7
Voetbalveld		Gemiddeld		4,1	
<b>Hockeywaterveld</b>		Voor	Na	Verschil	Doorlaatbaarheid (g/m <sup>2</sup> )
Meetreeks 7	7.1	6,9	7,4	0,5	0,7
	7.2	7,5	7,8	0,3	0,4
	7.3	7,8	7,9	0,1	0,1
	Totaal	22,2	23,1	0,9	1,3
Meetreeks 8	8.1	7,9	9,8	1,9	2,8
	8.2	6,4	7,4	1	1,5
	8.3	6,6	7,4	0,8	1,2
	Totaal	20,9	24,6	3,7	5,5
Meetreeks 9	9.1	6,9	7,4	0,5	0,7
	9.2	6,9	7,2	0,3	0,4
	9.3	6,9	6,9	0	0,0
	Totaal	20,7	21,5	0,8	1,2
Hockeywaterveld		Gemiddeld		1,8	
<b>Geen bodembescherming</b>		Voor	Na	Verschil	Doorlaatbaarheid (g/m <sup>2</sup> )
Meetreeks 10	10.1	6,2	47,9	41,7	62,1
	10.2	6,3	24	17,7	26,3
	10.3	7,1	22,9	15,8	23,5
	Totaal	19,6	94,8	75,2	111,9
		Totaal		75,2	

## 10.4 Bijlage 4 MCA sterkte-eigenschappen

Tabel 5.28: Blanco Multicriteria analyse voor de afweging specifiek op de eigenschap

<i>Specifiek op de eigenschappen</i>							
Hoofdcriteria	Weeg-factor	Subcriteria	Weeg-factor	Geopex NW 300	Geopex Propex 7080	Geopex PP 25/25	Geopex PP 40/40
Technische aspecten	80%	<i>Robuustheid</i>					
		Trek - rek	22,5%				
		Doorpons	22,5%				
		<i>Functionaliteit</i>					
		Gronddichtheid	12,5%				
		Waterdoorlatendheid	12,5%				
Aantoonbaarheid kwaliteit	20%	Vermindering doorlatendheid	10%				
		Trek	10%				
		Doorpons	10%				
<b>Totaal</b>	<b>100%</b>						