

BTO 2018.007 | Januari 2018

BTO rapport

Variatie in de
biomassaproductiepoten-
tie (BPP) van PE-
materialen die door
drinkwaterbedrijven
worden gebruikt

BTO

Variatie in biomassaproductiepotentie (BPP) van PE-materialen die door drinkwaterbedrijven worden gebruikt

BTO 2018.007 | November 2017

Opdrachtnummer

400554-197

Projectmanager

Michiel Hootsmans

Opdrachtgever

BTO - Thematisch onderzoek - Biologische activiteit

Kwaliteitsborger

Paul van der Wielen

Auteur

Kimberly Learbuch

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is na één jaar openbaar.

Jaar van publicatie
2018

Meer informatie

Kimberly Learbuch
T +31 (0)30 60 69 599
E kimberly.learbuch@kwrwater.nl

Keywords

Biomassaproductiepotentie, PE leidingmateriaal, Biologische activiteit, nagroei

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



BTO 2018.007 | Januari 2018 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

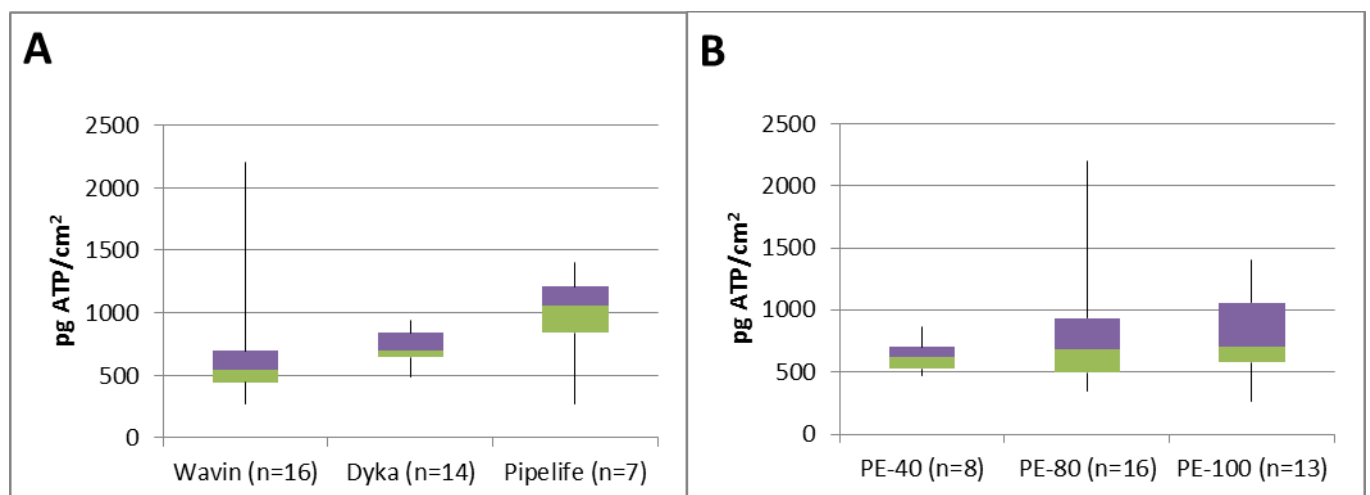
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

BTO Managementsamenvatting

Variatie in biomassaproductiepotentie (BPP) van PE-materialen die door drinkwaterbedrijven worden gebruikt

Auteur Kimberly Learbuch Msc.

Er bestaan grote variaties in BPP-waarden (biomassaproductiepotentie) van PE-materialen, zowel tussen fabrikanten als tussen PE-typen. Ook kunnen die waarden boven de wettelijke grens van 1.000 pg ATP/cm² uitkomen. Dit blijkt uit onderzoek waarin de variatie in BPP-waarden van 38 PE-materialen van 4 verschillende fabrikanten en 3 verschillende typen is onderzocht. Om kwaliteitsproblemen door nagroei in het drinkwater tijdens transport in het distributiesysteem en drinkwaterinstallaties te beheersen, is het wenselijk om leidingmaterialen te gebruiken die weinig tot geen groeibevorderende stoffen voor micro-organismen afgeven en dus een lage BPP hebben. Met de resultaten uit dit onderzoek blijft het advies aan de waterbedrijven in stand om terughoudend te zijn met het gebruik van PE-materialen in het drinkwaterdistributiesysteem.



Boxplots van de BPP's van alle materialen, gegroepeerd per producent (A) of per type (B)

Belang: opheldering variatie in BPP-waarden van PE-materialen

Vanwege de relatief hoge BPP-waarde (biomassaproductiepotentie) die bij PE-materialen worden aangetroffen, krijgen drinkwaterbedrijven de aanbeveling deze terughoudend te gebruiken. Ten opzichte van PVC-U materialen hebben PE-materialen echter een aantal voordelen. Zo is PE-materiaal gemakkelijker zonder laswerk over een grote lengte te leggen. Daarnaast is PE-materiaal ook flexibeler dan PVC-U materiaal, waardoor het bij zetting van de bodem minder snel zal breken. Dit maakt dat drinkwaterbedrijven PE-materialen meer willen toepassen dan momenteel het geval is.

Daarvoor is duidelijkheid nodig of BPP-waarden van verschillende PE-materialen voldoende laag zijn.

Aanpak: analyseren van 38 verschillende PE-materialen

Van 38 PE-materialen die drinkwaterbedrijven gebruiken zijn van januari t/m oktober 2017 met de BPP-methode de groeibevorderende eigenschappen bepaald. De materialen kwamen van producenten Wavin (n=16), Dyka (n=14), Pipelife (n=7) en Conval (n=1). De materialen zijn vervolgens onderverdeeld in de types PE-40 (n=8), PE-80 (n=16) en PE-100 (n=13). Er is getoetst of de verschillen in de BPP-waarden kunnen worden

verklaard door verschillen in fabrikant, type en productiedatum etc.

Resultaten: geen statistische verschillen tussen type en fabrikant PE-materialen

De BPP-waarden variëren van 260 tot 2.200 pg ATP/cm². Van de 38 onderzochte materialen overschrijden acht materialen de wettelijke grenswaarde van 1.000 pg ATP/cm², er is geen relatie gevonden met diameter, van rol/op lengte, type of fabrikant. Binnen dezelfde producent of hetzelfde type materiaal kan een grote variatie in BPP-waarden optreden. Dit betekent dat onbekende factoren hierop van invloed zijn.

Implementatie: terughoudend blijven bij toepassing van PE-materialen in distributiesystemen

Op basis van de gevonden resultaten blijft het advies aan de drinkwaterbedrijven om, met het oog op nagroei, terughoudend te zijn met het gebruik van PE-materialen in het distributiesysteem. Wettelijke grenswaarden voor de BPP van materialen worden nog overschreden en er moet meer zicht komen op factoren die verantwoordelijk

zijn voor de waargenomen variaties in BPP-waarden. Tevens is uitbreiding van de database wenselijk, zodat duidelijker wordt:

- of er significante verschillen zijn tussen bedrijven en/of types;
- in welke mate materialen de wettelijke grens van 1.000 pg ATP/cm² overschrijden;
- of de kwaliteit ten aanzien van groeibevorderende eigenschappen in de loop van de tijd verbeterd.

Daarnaast wordt aanbevolen dat fabrikanten aanvullend onderzoek naar de oorzaak van groei door PE-materialen.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in rapport *Variatie in biomassa-productiepotentie (BPP) van PE-materialen die door drinkwaterbedrijven worden gebruikt* (BTO-2018.007).

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
2	Materiaal en methoden	4
2.1	PE materialen	4
2.2	Materialentest	4
2.3	Analyses	5
3	Resultaten	6
3.1	BPP-test resultaten per producent	6
3.2	BPP-test resultaten per PE type	8
3.3	Materialen met dezelfde productiedatum of batch	10
3.4	Statistische analyse	11
4	Discussie	14
4.1	Discussie	14
5	Conclusies en aanbevelingen	16
5.1	Conclusies	16
5.2	Aanbevelingen	16
6	Referenties	17

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Distributie van drinkwater zonder een restgehalte van een desinfectiemiddel is een belangrijke eigenschap van de drinkwatervoorziening in Nederland. Om kwaliteitsproblemen door nagroei in het drinkwater tijdens transport in het distributiesysteem en drinkwaterinstallaties te beheersen, wordt de groeipotentie van het drinkwater beperkt. Daarnaast is het daarom wenselijk om leidingmaterialen te gebruiken die weinig tot geen groeibevorderende stoffen voor micro-organismen afgeven. Uit eerder onderzoek is gebleken dat PE-materialen over het algemeen meer groeibevorderende stoffen afgeven dan PVC-U materialen (van der Kooij et al., 2003). De aanbeveling aan de drinkwaterbedrijven is daarom terughoudend te zijn in het gebruik van PE-materialen. Recent is binnen het BTO onderzocht in hoeverre de biomassa-productiepotentie (BPP) van PE-materialen verschilt tussen type PE (PE-40, PE-80, PE-100) en tussen fabrikanten (van der Wielen & Bereschenco, 2016). De resultaten lieten zien dat er geen verschil was in de BPP tussen PE-80 en PE-100 van twee fabrikanten en tussen PE-40 en PE-100 van een derde fabrikant. Daarentegen was de BPP-waarde van PE-80 en PE-100 van één fabrikant beduidend hoger (twee tot drie keer) dan de BPP-waarde van PE-40, PE-80 en PE-100 van de twee andere fabrikanten. Doordat in deze studie slechts één steekproef is genomen van het PE-materialen bij de fabrikanten blijft de precieze variatie die in de BPP-waarden van PE-materialen kan optreden onduidelijk.

De drinkwaterbedrijven zouden graag willen overschakelen naar het frequenter gebruik van PE-leidingen in het distributiesysteem, omdat PE een aantal voordelen heeft ten opzichte van hard PVC (flexibeler, direct onder druk te zetten, leidt minder vaak tot lekken en kan sneller worden gelegd). In de huidige wetgeving ten aanzien van het gebruik van materialen in contact met drinkwater is opgenomen dat materialen moeten voldoen aan een grenswaarde van de Duitse W270 test of aan een grenswaarde van 1000 pg ATP/cm² van de BPP-test (website overheid.nl). Vier van de zes onderzochte PE-materialen voldeden aan de wettelijke grenswaarde voor de BPP, maar de twee PE-materialen van één van de fabrikanten hadden beduidend hogere BPP-waarden (tot 1870 pg ATP /cm²). Door de onzekerheid over de variatie in BPP-waarden van PE-materialen tussen fabrikanten en tussen batches en de waarneming dat de BPP-waarden van PE-materialen hoger kunnen zijn dan de wettelijke grenswaarde en voorgestelde richtlijn, zijn de bedrijven onzeker over frequenter gebruik van PE-leidingen in hun distributiesysteem.

Het doel van het onderzoek beschreven in dit rapport is daarom om van januari t/m oktober 2017 een deel van de ingekochte PE-materialen door de drinkwaterbedrijven te testen met de BPP-methode om de variatie van de BPP-waarden van PE-materialen op te helderen, zodat (i) een beter onderbouwd advies kan worden gegeven over het gebruik van PE-materialen in het distributiesysteem en (ii) de bedrijfstak met de gerapporteerde resultaten met de producenten van PE-leidingmateriaal kan overleggen over de mogelijkheid tot productoptimalisatie.

2 Materiaal en methoden

2.1 PE materialen

Van alle elf drinkwaterbedrijven zijn in totaal 38 PE materialen aangeleverd, zie tabel 1 voor het aantal materialen per producent en type of tabel 2 waar de materialen per waterbedrijf zijn uitgesplitst. Er is één materiaal van Conval meegenomen (aangeleverd door WML), dit is een meerlaags materiaal waarbij de buitenste laag (beschermmantel van harde, zeer krasvaste mantel) van mineraal versterkt polypropyleen (PP) is gemaakt en de binnenste laag van PE100 RCplus (HDPE) en de twee lagen door middel van een aluminiumfolie van elkaar zijn gescheiden.

TABEL 1. OVERZICHT MATERIALEN PER PRODUCENT EN TYPE

aantal materialen	Wavin	Dyka	Pipelife	totaal
PE-40	4	4	0	8
PE-80	9	6	1	16
PE-100	3	4	6	13
	16	14	7	37

TABEL 2. OVERZICHT MATERIALEN PER BEDRIJF

Waterbedrijf	PE-40	PE-80	PE-100	Dyka	Pipelife	Wavin	n
Brabant Water			4		4		4
De Watergroep		4		3	1		4
Dunea	2	1				3	3
Evides	2	1	2	5			5
Oasen			2		1	1	2
PWN		2	1	3			3
Vitens	1	6	1			8	8
Waternet	2		1	3			3
WMD	1	1				2	2
WBG		1	1			2	2
WML			1		1		1
							37

2.2 Materialentest

De groeipotentie van de verschillende materialen is bepaald met de BPP-test zoals beschreven in NEN-EN16421. De PE materialen zijn daarbij in stukken met de juiste oppervlakte (25 cm²) gesneden en zes stukken (totaal oppervlakte 150 cm²) zijn toegevoegd aan flessen met 900 ml drinkwater. De flessen zijn vervolgens geïncubeerd bij 30°C en wekelijks ververs met drinkwater. Na 8, 12 en 16 weken wordt de ATP concentratie van de biofilm op de materiaalstukjes en van het water bepaald.

Op basis van ATP kan de biofilmvormingspotentie van het materiaal (BVP) worden bepaald. De BVP is de gemiddelde concentratie (op basis van de duplo flessen) van de biomassa op het materiaal op één van de drie meetmomenten (attached biomass, AB). De biomassaproductie (BP) op één van de drie meetmomenten wordt daarna bepaald door de BVP-concentratie plus de concentratie van de biomassa in het water (suspended biomass, SB), berekend op basis van de oppervlakte/volume- verhouding van het materiaal in de test. Tot slot wordt de BPP-waarde berekend door de BP-waarden van de drie meetmomenten te middelen.

2.3 Analyses

2.3.1 ATP

ATP is aanwezig in alle levende organismen en wordt in de cel gevormd bij de oxidatie van energiebronnen en vervolgens gebruikt bij de synthese van nieuw celmateriaal. De ATP bepaling berust op de luciferine-luciferase reactie, waarbij ATP onder vorming van licht (een foton per molecuul ATP) overgaat in adenosinedifosfaat (ADP). Met behulp van lichtgevoelige apparatuur kan de lichtproductie nauwkeurig worden gemeten. De werkwijze levert binnen enkele minuten een resultaat op. De detectiegrens van de bepaling bij direct onderzoek van drinkwater bedraagt ca. 1 ng ATP/l. Op basis van gemiddelde waarden voor het ATP-gehalte per bacteriecel kan met het ATP-gehalte een schatting worden gemaakt voor de concentratie aan actieve (levende) bacteriën. De ATP-bepaling wordt gebruikt voor de bepaling van de biomassaconcentratie in leidingwater en in biofilms en in testen voor de bepaling van de biologische (in)stabiliteit van water en de groeibevorderende eigenschappen van materialen in contact met leidingwater.

De ATP-analyse is uitgevoerd conform KWR-huisvoorschrift LMB-002.

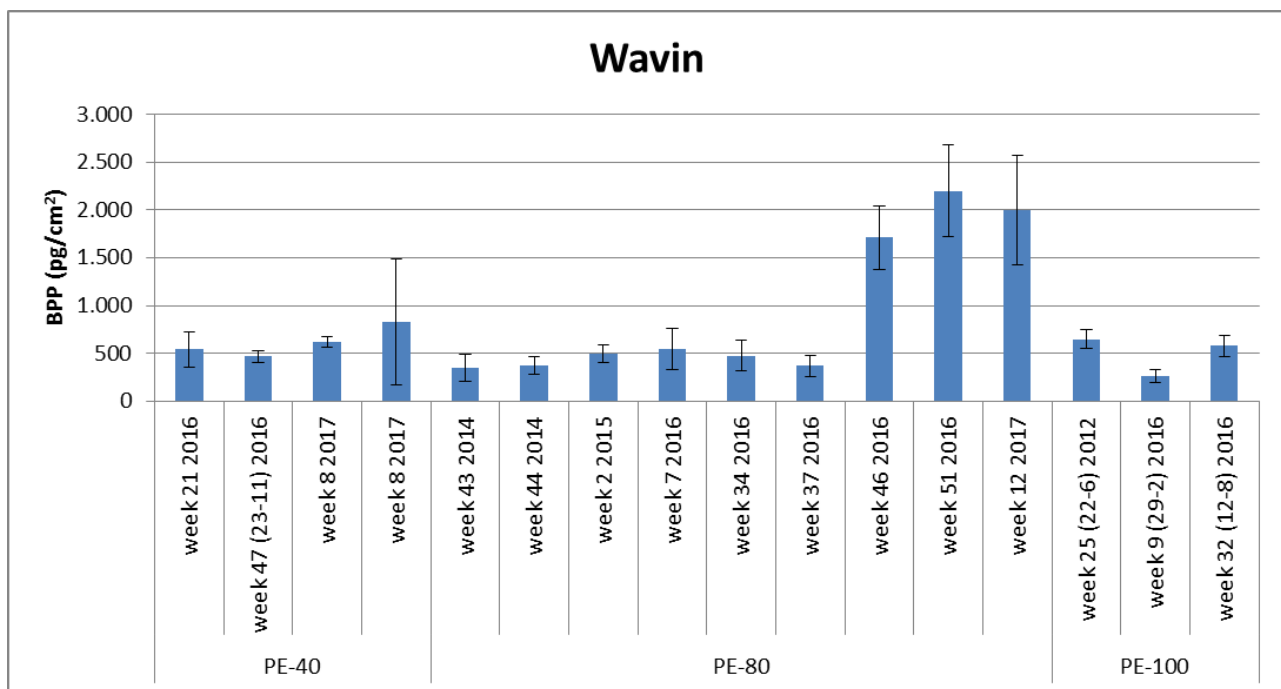
3 Resultaten

3.1 BPP-test resultaten per producent

In totaal drie verschillende meetreeksen zijn de 38 materialen getest voor de BPP; voor het overzicht van alle materialen en bijbehorende BPP waarden zie bijlage I. Ieder materiaal was uniek, dat wil zeggen of het materiaal is geproduceerd op een andere datum en/of kwam van een andere batch.

3.1.1 Wavin

De BPP waarde van de 16 materialen van Wavin variëren tussen 264 pg/cm^2 en 2200 pg/cm^2 (Figuur 1), met een gemiddelde van 780 pg/cm^2 . Drie materialen liggen boven de wettelijke grenswaarde van 1000 pg/cm^2 . De relatieve standaarddeviatie is over het algemeen laag, 28%. Behalve voor tweede PE-40 materiaal van week 8 2017 deze heeft namelijk een zeer grote standaarddeviatie, die wordt veroorzaakt door relatief grote verschillen tussen de duplo kolven van week 8 en 16.



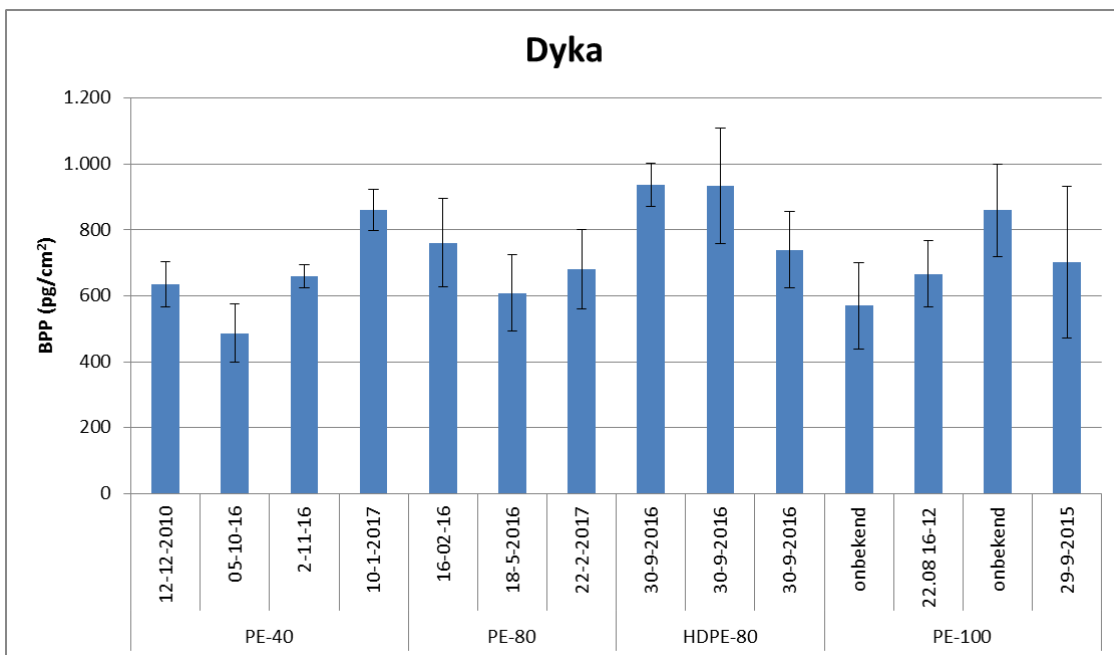
Figuur 1. BPP resultaten voor alle 16 materialen van Wavin.

De materialen die zijn geproduceerd vanaf week 46 2016 - week 12 2017 laten een verhoogde BPP waarde zien. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat vanaf week 46 iets is veranderd aan de grondstoffen (bv andere leverancier). Maar daarvoor is aanvullend onderzoek nodig.

3.1.2 Dyka

De BPP-waarde van de 13 materialen van Dyka variëren tussen de 486 pg/cm^2 en 937 pg/cm^2 (Figuur 2), met een gemiddelde van 721 pg/cm^2 . Geen van de materialen overschrijdt de wettelijke grenswaarde van 1000 pg/cm^2 . De relatieve standaarddeviatie is over het algemeen laag, 16%.

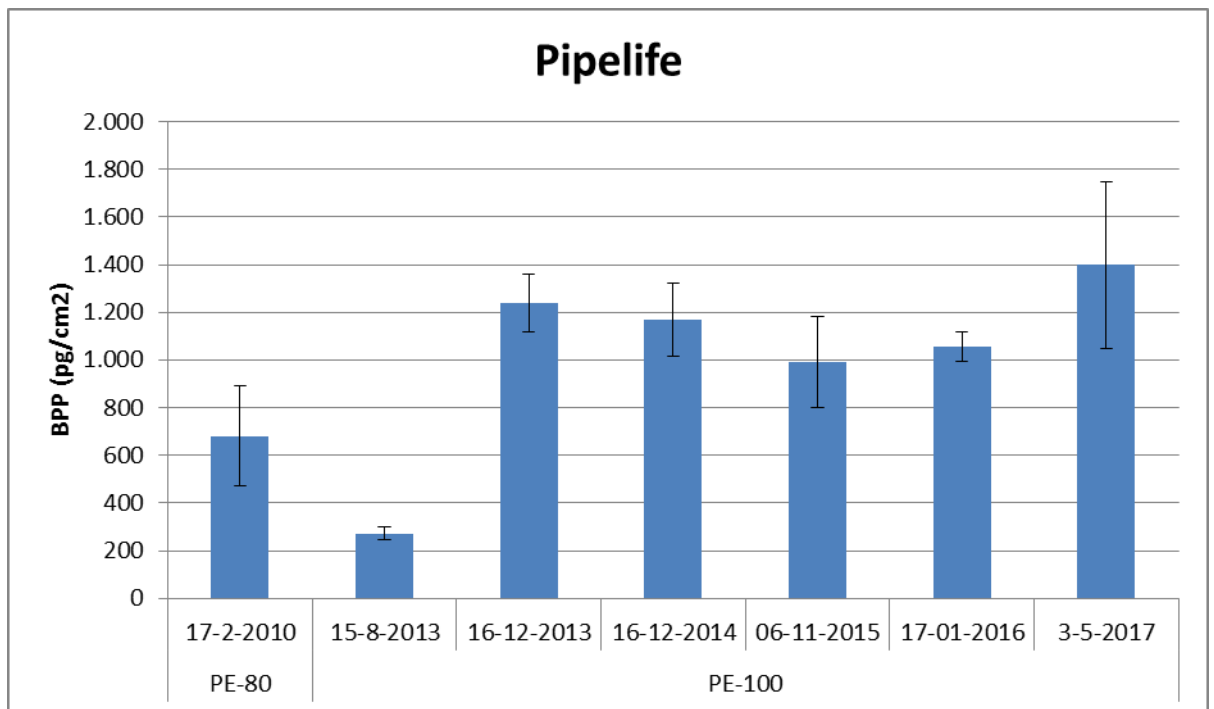
In tegenstelling tot Wavin wordt hier niet echt een relatie tussen hogere waarden en tijdstip van fabricage gezien.



Figuur 2. BPP resultaten van alle 13 materialen van Dyka.

3.1.3 Pipelife

De BPP-waarden van de zeven materialen van Pipelife variëren tussen 272 pg/cm² en 1400 pg/cm² (Figuur 3), met een gemiddelde van 973 pg/cm². Vier materialen overschrijden de wettelijke grenswaarde van 1000 pg ATP/cm². De relatieve standaarddeviatie is over het algemeen laag, 16%.



Figuur 3. BPP resultaten van alle zeven materialen van Pipelife.

De materialen die zijn geproduceerd 15-8-2013 en 16-12-2013 laten een verhoogde BPP waarde zien, namelijk van 270 naar 1240 pg ATP cm⁻² dat is bijna 4,5 keer zo hoog. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat tussen 15-8-2013 en 16-12-2013 iets is veranderd aan de grondstoffen (bv andere leverancier). Maar daarvoor is aanvullend onderzoek nodig.

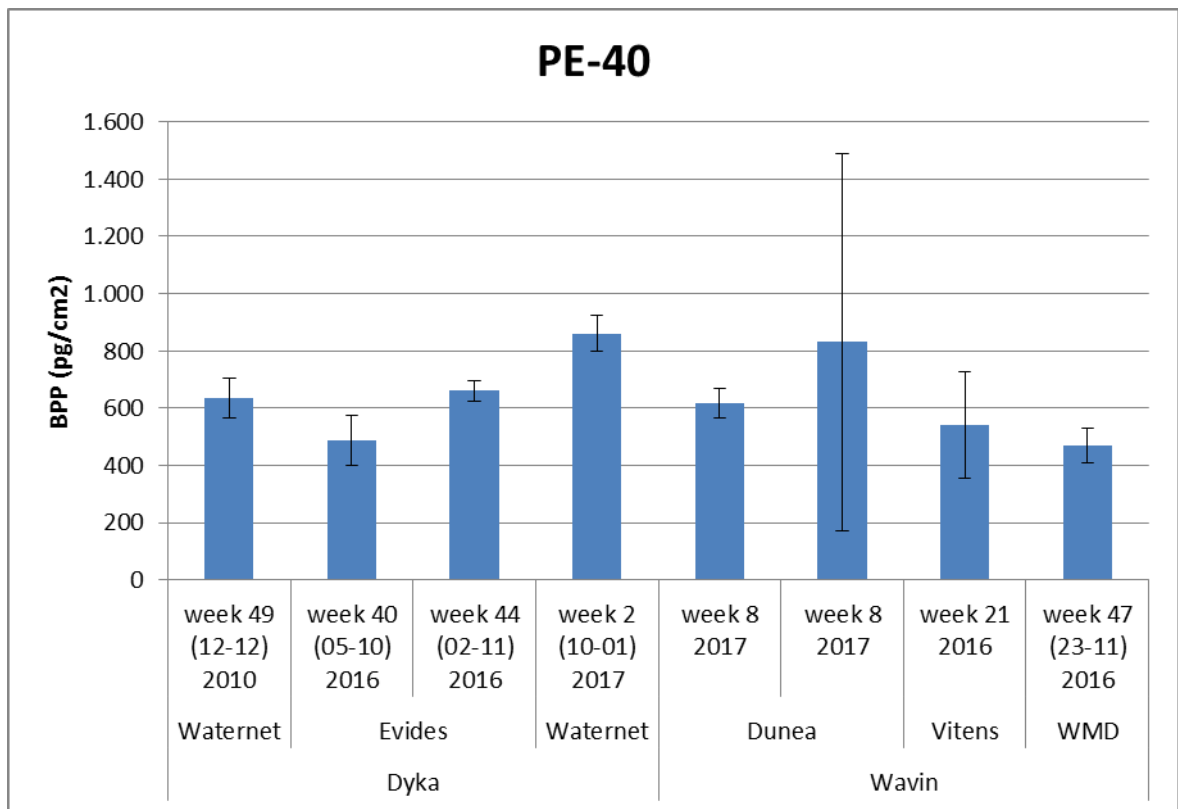
3.1.4 Conval

Er is in dit project één meerlaags materiaal meegenomen; een safety line aluminium (S.L.A.) buis van producent Conval. Dit materiaal heeft een BPP waarde van 1.200 ± 300 pg ATP cm⁻².

3.2 BPP-test resultaten per PE type

3.2.1 PE-40

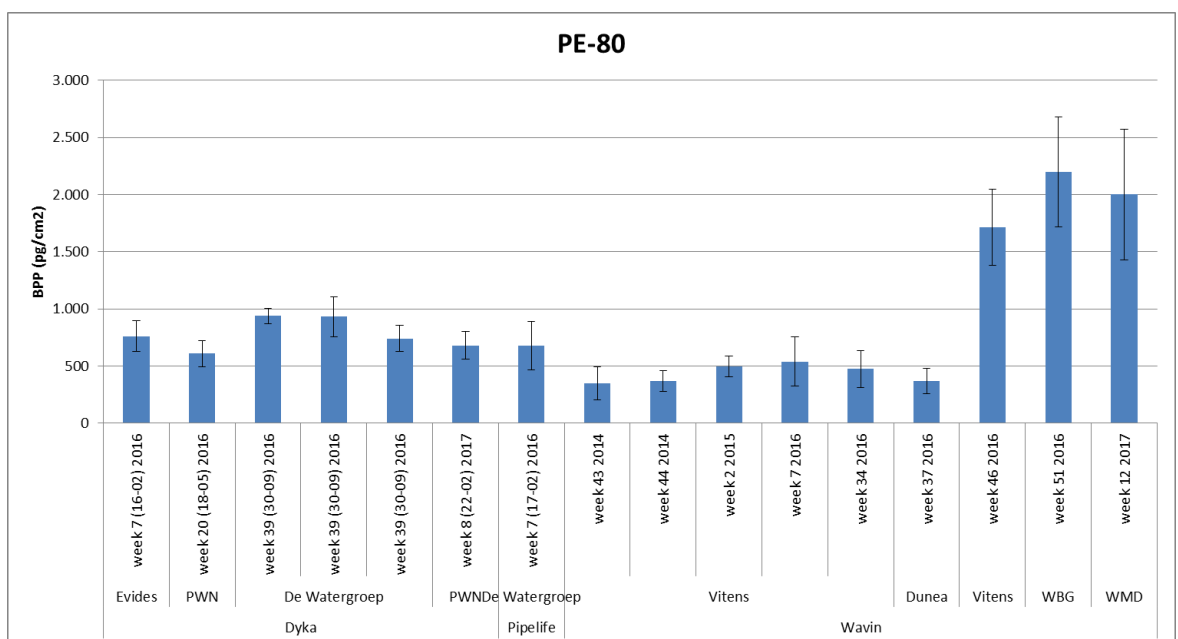
De BPP-waarden van de acht geteste PE-40 materialen variëren tussen 468 pg/cm² en 860 pg/cm² (Figuur 4), met een gemiddelde van 637 pg/cm². Geen van de BPP-waarden voor PE-40 ligt boven de wettelijke grenswaarde van 1000 pg ATP/cm². De relatieve standaarddeviatie is over het algemeen laag, 22%. Behalve voor het tweede materiaal van Dunea (Wavin) laat een grote standaarddeviatie zien, die wordt veroorzaakt door relatief grote verschillen tussen de duplo kolven van week 8 en 16.



Figuur 4. BPP resultaten van alle acht materialen van type PE-40.

3.2.2 PE-80

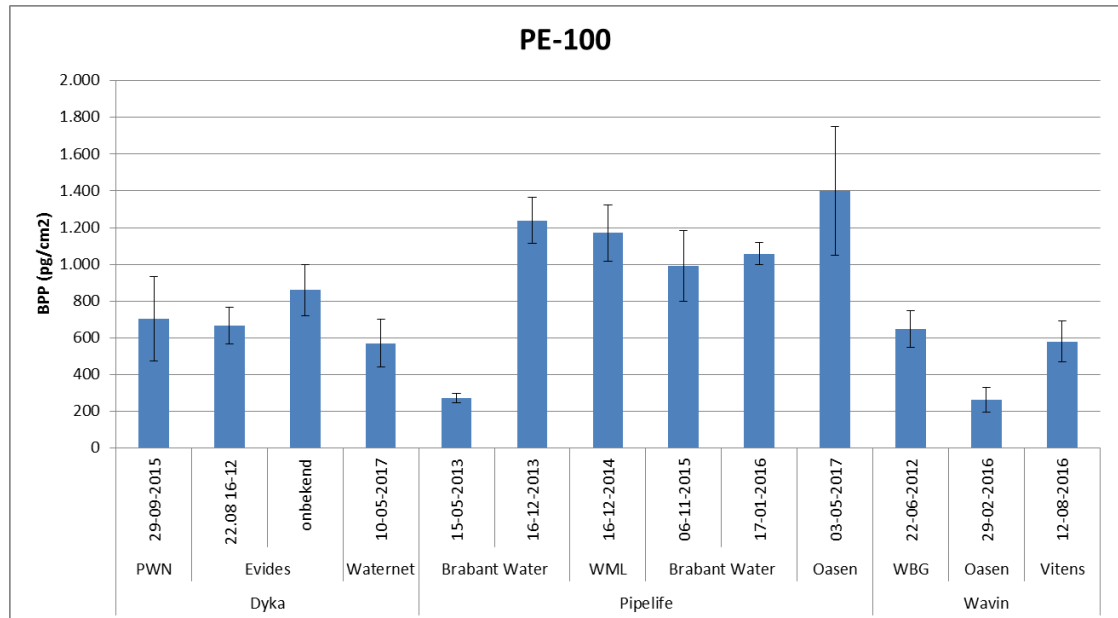
De BPP-waarden van de 16 geteste PE-80 materialen variëren tussen 349 pg/cm² en 2200 pg/cm² (Figuur 5), met een gemiddelde van 866 pg/cm². Drie materialen liggen boven de wettelijke grenswaarde. De relatieve standaarddeviatie is over het algemeen laag, 24%.



Figuur 5. BPP resultaten van alle 16 materialen van type PE-80.

3.2.3 PE-100

De BPP-waarde van de 13 geteste PE-80 materialen variëren tussen 264 pg/cm² en 1400 pg/cm² (Figuur 6), met een gemiddelde van 801 pg/cm². Vier materialen hebben een BPP-waarde die hoger is dan de wettelijke grenswaarde (1000 pg/ATP cm²). De relatieve standaarddeviatie is over het algemeen laag, 18%.



Figuur 6. BPP resultaten van alle 13 materialen van type PE-100.

3.3 Materialen met dezelfde productiedatum of batch

Er zijn van de 38 onderzochte materialen een aantal materialen met dezelfde productiedatum. Drie PE-80 materialen van Dyka (nr 20, 21 en 22) hebben dezelfde productiedatum en alleen de batch code van deze materialen verschilt (Tabel 3). De BPP waarden van deze drie materialen zijn onderling niet sterk verschillend.

TABEL 3. DRIE MATERIELEN VAN DYKA MET DEZELFDE PRODUCTIEDATUM MAAR VERSCHILLENDE BATCH.

	BPP		Type	Diameter	Productie datum	Batch code
	Gem	Stdev				
20	937,56	66,05	HDPE-80	32 x 3,0	30-9-2016	0001
21	933,09	175,28	HDPE-80	32 x 3,0	30-9-2016	0050
22	740,16	114,47	HDPE-80	32 x 3,0	30-9-2016	0051

De materialen 24 en 37 van Wavin hebben ook dezelfde productiedatum, intern ordernummer en materiaalcode maar de traceability code (de laatste vier cijfers is de productieperiode aanduiding) en metercodering zijn verschillend (Tabel 4). Voor deze twee materialen worden ook geen grote verschillen gevonden tussen de BPP waarden. Materiaal 37 heeft echter wel een zeer grote standaarddeviatie die wordt veroorzaakt door relatief grote verschillen tussen de duplo's op week 8 en 16.

TABEL 4. TWEE MATERIALEN VAN WAVIN MET DEZELFDE PRODUCTIEDATUM, INTERN ORDERNUMMER EN MATERIAAL CODE.

	BPP		Type	Diameter	Productie datum	Internorder nummer	Materiaal code	Traceability code	Meter codering
	Gem	Stdev							
24	616,59	52,04	PE-40	25 x 2,7	week 8 2017	199	T	18260817	005687
37	830	660	PE-40	25 x 2,7	week 8 2017	199	T	10260817	8417

De materialen 4 en 30 van Wavin hebben dezelfde intern ordernummer en dezelfde materiaalcode en zijn binnen een week van elkaar geproduceerd, zie tabel 5. Beide materialen hebben wederom een vergelijkbare BPP waarde.

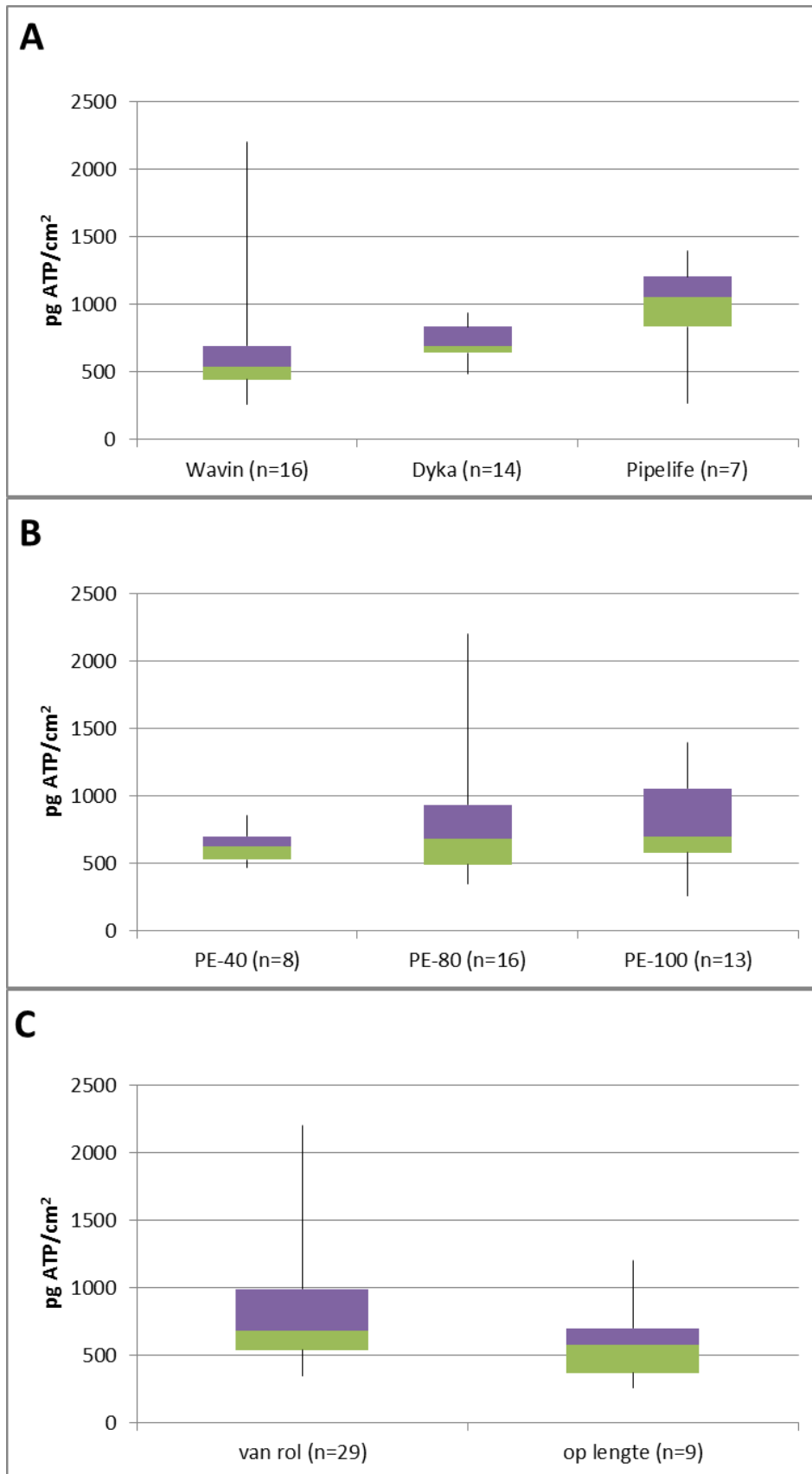
TABEL 5. TWEE MATERIALEN VAN WAVIN MET DEZELFDE INTERN ORDERNUMMER EN MATERIAALCODE.

	BPP		Type	Diameter	Productie datum	Internorder nummer	Materiaal code	Traceability code	Meter codering
	Gem	Stdev							
4	349,08	145,69	PE-80	50 x 3,0	week 43 2014	1126	B	01244314	0057
30	370	92	PE-80	50 x 3,0	week 44 2014	1126	B	00284414	0034

3.4 Statistische analyse

Er is als eerste getest of de data normaal verdeeld is, om zo te kunnen bepalen welke statistische analyses kunnen worden uitgevoerd. De BPP-waarden van de PE-materialen van Wavin en van alle PE-80 materialen zijn niet normaal verdeeld. Hierdoor is gekozen om verschillen tussen producenten, types, van rol/op lengte niet parametrisch te toetsen met de Kruskal-Wallis toets. Daarnaast zijn de resultaten per producent, type, van rol/op lengte ook weergegeven in een box-plot, zie figuur 7. In figuur 7A is te zien dat voor Wavin de spreiding van de BPP waardes tussen de 440 en 690 pg ATP cm⁻² ligt, met uitschieters ver boven het gemiddelde (2200 pg ATP cm⁻²). Dyka heeft geen uitschieters in de data en de BPP-waardes liggen tussen de 640 en 830 pg ATP cm⁻². Voor Pipelife is er meer spreiding zichtbaar (840-1200 pg ATP cm⁻²) en een uitschieter aan de onderkant met een lagere BPP waarde (270 pg ATP cm⁻²). Er worden geen significante verschillen gevonden ($p > 0,05$) tussen de BPP-waarden van de PE-materialen van Wavin, Dyka en Pipelife. Wel is er een trend zichtbaar dat de BPP-waarden van Pipelife hoger zijn, maar deze waarden zijn niet significant hoger dan van de andere twee producenten. Daarnaast zijn gemiddelde BPP waarden van Wavin lager dan die van Dyka en Pipelife.

De BPP waardes van het type PE-40 materiaal liggen tussen de 530-700 pg ATP cm⁻². De BPP waardes van materiaal PE-80 vertonen een grotere spreiding van 490-930 pg ATP cm⁻², met een uitschieter van 2200 pg ATP cm⁻². De BPP waardes van het PE-100 materiaal liggen tussen de 580-1060 pg ATP cm⁻². Daarnaast worden ook geen significante verschillen ($p > 0,05$) gevonden tussen de verschillende types van PE. Dit is ook te zien in figuur 7B waar de boxplots zijn weergegeven. Hier is geen trend zichtbaar dat één van de drie materiaaltypen duidelijk hoger is.



Figuur 7. Boxplots van alle materialen gegroepeerd per producent (A), per type (B) of van rol of op lengte (C).

De BPP waarden van materialen van rol liggen tussen de 540-990 pg ATP cm⁻², de BPP waarden van op lengte liggen tussen de 370-700 pg ATP cm⁻² (figuur 7C). Er worden ook geen significante verschillen ($p > 0,05$) gevonden tussen materialen afkomstig van rol of op lengte. Er is ook geen trend zichtbaar dat van rol of op lengte duidelijk hoger is.

Als laatste is gekeken naar verschillen tussen de verschillende diameters, de BPP-waarden per diameter zijn weergegeven in tabel in bijlage III. Er zijn negen verschillende diameters geanalyseerd. Er worden geen significante verschillen gevonden tussen de verschillende diameters.

4 Discussie

4.1 Discussie

Het doel van dit onderzoek was om de variatie van de BPP-waarden van PE-materialen op te helderen, zodat (i) een beter onderbouwd advies kan worden gegeven over het gebruik van PE-materialen in het distributiesysteem en (ii) de bedrijfstak met de gerapporteerde resultaten met de producenten van PE-leidingmateriaal kan overleggen over de mogelijkheid tot productoptimalisatie.

De resultaten laten zien dat van de 38 materialen er acht materialen boven de wettelijke grenswaarde van 1000 pg ATP/cm² liggen. De meeste overschrijdingen van de wettelijke grenswaarde werden waargenomen voor PE-materialen van Pipelife (n=7) of voor de PE-100 materialen (n=13), maar de verschillen tussen producent of type waren niet significant. Ook worden er geen statistische verschillen gevonden tussen diameter of materiaal afkomstig van rol of op lengte.

In dit onderzoek werd er dus geen invloed gevonden van type of fabrikant. Dit anders dan in het onderzoek uitgevoerd in 2013 (van der Wielen & Bureschenko, 2016), waar het onderzoek beschreven in dit rapport een vervolg op is. Uit de resultaten van de studie in 2013 werd namelijk geconcludeerd dat de dichtheid van het materiaal weinig invloed heeft op de BPP waarde, maar de fabrikant wel. De BPP waardes van de onderzochte materialen van fabrikant B (Dyka) waren namelijk 2,5 tot 3,0 keer zo hoog als de materialen van fabrikant A (Wavin) en C (Pipelife). Er werden in dit onderzoek echter maar totaal zes PE materialen onderzocht, te weinig om betrouwbare conclusies te trekken. In de studie die nu is uitgevoerd is gebleken dat Dyka niet hoger lag en dat Dyka zelfs de enige producent was waar alle PE materialen onder de wettelijke grenswaarde van 1000 pg ATP/cm² liggen. Op basis van deze vervolgstudie is duidelijk geworden dat niet geconcludeerd kan worden dat één van deze drie bedrijven PE-materialen levert die gemiddeld een hogere BPP waarde hebben. Daarnaast blijkt uit deze en de vorige studie dat de variatie in BPP-waarden van PE-materialen dus relatief groot kan zijn en dat de resultaten laten zien dat alle fabrikanten PE-materialen leveren die boven de wettelijke grenswaarde van 1000 pg ATP/cm² liggen. Hierdoor blijft het advies van KWR om terughoudend te zijn met het gebruik van PE-materialen in het distributiesysteem.

Het kan voorkomen dat de BPP-waarde een hoge standaarddeviatie heeft. Onderzoek bij het standaardiseren van de BPP-methode toonde aan dat de COV (relatieve standaarddeviatie) tussen de 30 tot 40 % ligt en dit wordt veroorzaakt doordat de BP (biomassa productie) op de dagen kan verschillen, waardoor de COV relatief hoog is (van der Kooij et al., 2006). Dit komt dus niet door de methode, maar door de eigenschappen van het materiaal waarbij de in het begin (week 8) of einde (week 16) van de test meer of minder groei veroorzaken.

De materialen in dit onderzoek komen uit 2010-2017 en sommige materialen hebben dus meerdere jaren in het magazijn gelegen. In eerder BTO-onderzoek zijn PE-leidingen opgegraven die meer dan 40 jaar in de grond hebben gelegen. Deze leidingen zijn vervolgens schoongemaakt, waarna de BPP waarde van deze PE-leidingen opnieuw is bepaald. De resultaten van dat onderzoek lieten zien dat veroudering niet leidt tot hogere of lagere BPP-waarden dan van nieuwe PE-materialen, dus de afgifte van groeibevorderende stoffen door PE-materialen verandert dus niet substantieel zelfs als materialen meer dan 40 jaar in

het distributiesysteem liggen (BTO 2013.037). Op basis van deze resultaten is het zeer aannemelijk dat meerjarige opslag van PE-materialen in het magazijn geen invloed heeft op de BPP-waarde. De resultaten van de in dit rapport beschreven studie liet ook niet zien dat materialen die meerjarig zijn opgeslagen (productiejaar 2010-2015) beduidend hogere of lagere BPP-waarden hadden, dan materialen die kortdurend zijn opgeslagen (productiejaar 2016 of 2017).

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

- De meerderheid van de in dit project onderzochte materialen (30 uit 38) voldeed aan het wettelijke beoordelingscriterium van 1000 pg ATP cm⁻²; van één producent (Dyka) voldeden zelfs alle monsters.
- Variatie in de BPP waarde van materialen van dezelfde producent of type kan relatief groot zijn, dus onbekende factoren beïnvloeden de BPP waarden.
- Er zijn geen statistische verschillen gevonden tussen de BPP waarden tussen de verschillende producenten of type met de huidige dataset.

5.2 Aanbevelingen

Op basis van de resultaten doen we de volgende aanbevelingen:

- Database van BPP-waarden van PE-materialen verder uitbreiden door per producent en PE-type jaarlijks meerdere materialen te laten testen, vergelijkbaar met het aantal materialen dat in de hier beschreven studie is getest.
- Achterhalen waar de variatie door wordt bepaald (project voor de leidingproducent). Facetten die onderzocht kunnen worden zijn;
 - Wat is het effect van het trekken van een pijp.
 - Productieproces verder onderzoeken en achterhalen wat de invloed is van ingrediënten van het granulaat.
- Blijf als drinkwaterbedrijf terughoudend met het gebruik van PE-materialen in het distributiesysteem en gebruik alleen PE-materialen die voldoen aan de BPP grenswaarde van 1000 pg ATP cm⁻².

6 Referenties

- NEN-EN 16421: Invloed van materialen op water voor menselijke consumptie – Bevordering van microbiële groei (EMG) van januari 2015.
- Ryssel, S. T.; Arvin, E.; Lutzhoft, H. C.; Olsson, M. E.; Prochazkova, Z.; Albrechtsen, H. J., Degradation of specific aromatic compounds migrating from PEX pipes into drinking water. *Water Res* 2015, 81, 269-78.
- van der Kooij, D., Albrechtsen, H. J., Corfitzen, C. B., Ashworth, J., Parry, I., Enkiri, F., . . . Veenendaal, H. R. (2003). *CPDW Project: Assessment of the Microbial Growth Support Potential of Products in Contact with Drinking Water*: European Commission Joint Research Centre.
- Van der Kooij D., Baggelaar P.K., Veenendaal H.R. Moulin L. Corfitzen C.B., Albrechtsen H.J., Holt D. and Hamsch B. (2006) Standardising the Biomass Production Potential Method for Determining the Enhancement of Microbial Growth by Construction Products in Contact with Drinking water. Report EC Grant Agreement nr SI2. 403889
- van der Wielen, P., & Bereschenko, L. (2016). Rol van leidingmateriaal bij groei van micro-organismen en opportunistische pathogenen (Vol. BTO 2016.022, pp. 56). Nieuwegein: KWR.
- Website: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0030279/2017-07-01#BijlageC>

Bijlage I Codes op ieder materiaal

	BPP	BPP sd	Type	Diameter	Producent	Waterbedrijf	Productie datum	Van rol/ op lengte	Material code
1	1713,84	332,1	PE-80	40 x 2,4	Wavin	Vitens	week 46 2016	van rol	*1099* M KIWA WAVIN PE80 40x2,4 PN8 SDR-17 N *17174616*035;
2	473,91	163,32	PE-80	25 x 2,7	Wavin	Vitens	week 34 2016	van rol	WAVIN PE-40 PN6.3 SDR-9 25x2,7 N *20253416*0003357*
3	542,15	186,44	PE-40	32 x 3,5	Wavin	Vitens	week 21 2016	van rol	*490* T KIWA WAVIN PE-40 PN6.3 SDR-9 32x3,5N *12272116*0044* en *12272116*0043*
4	349,08	145,69	PE-80	50 x 3,0	Wavin	Vitens	week 43 2014	van rol	1126* B KIWA WAVIN PE80 50x3,0 PN8 S##17 *01244314*0057*
5	540,63	214,77	PE-80	32 x 2,0	Wavin	Vitens	week 7 2016	van rol	*120* B KIWA WAVIN PE80 32x2,0 PNS SDR-17 N *13160716*0023* en *13160716*0024*
6	760,48	133,8	PE-80	63 x 3,8	Dyka	Evides	16-02-16 5:56	van rol	0000 DYKA KIWA benor PE80 EN 12201-W drinkwater eau potable PN8 SDR17 63x3,8 16-02-16 -5:56 -02 V10
7	486	88,25	PE-40	32 x 3,5	Dyka	Evides	5-10-16 22:09	van rol	0038 DYKA KIWA PE40 EN 12201-W drinkwater eau potable PN6,3 SDR9 32X3,5 05-10-16 22:09 -03 PELD- PEM
8	666,48	100,4	PE-100	110 x 6,6	Dyka	Evides	22.08 16-12	op lengte	DYKA =1170= KIWA benor =PE 100= =EN 12201-W drinkwater eau potable =PN10= SDR17 =110x6,6= =2208= =16= =12= =#= =V02= SDR11= ##### = 16-12-2014= EN1220# PE100 25 x 2,3= KIWA
9	1171,22	152,95	PE-100	25 x 2,3	Pipelife	WML	16-12-14 0:00	van rol	WAVIN/T DIN EN 12201 Grad B PE100 003 W PN16 SDR 11 110x10,0
10	264,19	67,01	PE-100	110 x 10	Wavin	Oasen	29-2-2016	op lengte	DVGW DW8141 AT2582 KIWA -- 01
11	1239,46	123,26	PE-100	25 x 2,3	Pipelife	Brabant Water	16-12-2013	van rol	Polvalene PE100 25 x 2,3 = KIWA SDR11= PN## = 16-12-13 = 0075 =
12	991,26	192,58	PE-100	32 x 3,0	Pipelife	Brabant Water	6-11-2015	van rol	Polvalene PE100 32 x 3,0 = KIWA SDR11= PN16 = #6-11-15 = 72## =
13	1057,7	61,17	PE-100	40 x 3,7	Pipelife	Brabant	17-1-2016	van rol	32 Polvalene PE100 40 x 3,7 - KIWA SDR11 - PN16 - 17-01-16 - 006 -

14	608,21	115,67	PE-80	40 x 2,4	Dyka	Water PWN	18-5-2016	van rol	EN12201 0100 DYKA KIWA BENOR PE80 EN12201-W Drinkwater - Eau potable PN8 SDR17 40 x 2.40 18-05-16 17:14 -01- v10 PE
15	703,61	230,15	PE-100	90 x 5,4	Dyka	PWN	29-9-2015	van rol	0083 = DYKA KIWA = BENOR= PE100 EN12201 = W = Drinkwater - eau potable = PN10.0 =SDR 17 = 90 x 5.4 = 29 09 ==15 =12= ## V02 PE
16	860,86	61,71	PE-40	32 x 3,5	Dyka	Waternet	10-1-2017	van rol	=DYKA KIWA PE 40 EN12201-W DRINKWATER - EAU POTABLE PN6,3 SRD9 32x3,5 10-1-17 12:59 -01- LDPE PE
17	634,82	68,28	PE-40	63 x 6,8	Dyka	Waternet	12-12-2010	van rol	0032=DYKA KIWA PE40 EN 12201-W DRINKWATER-EAU POTABLE PN6,3 SDR9 63X6,8 12-12-16 21:33 -01- PE/LD- PE
18	468,05	60,18	PE-40	40 x 3,7	Wavin	WMD	23-11-2016	van rol	*1090* B KIWA WAVIN PE80 40x3,7 PN12,5 SDR-11 N * 23144616*034*
19	272,11	26,93	PE-100	63 x 5,8	Pipelife	Brabant Water	15-5-2013	op lengte	Polvalene PE100 63 x 5,8 - KIWA SDR11 - PN16 = 7501= - 15-05-13- EN12201 = #017=
20	937,56	66,05	HDPE-80	32 x 3,0	Dyka	De Watergroep	30-9-2016	van rol	DYKA KIWA BENOR PE80 EN12201 W Drinkwater - Eau potable PN12,5 SDR11 32x3,0 =3009= =16= =I= =10= =V10= PE = 0001=
21	933,09	175,28	HDPE-80	32 x 3,0	Dyka	De Watergroep	30-9-2016	van rol	DYKA KIWA BENOR PE80 EN12201 W Drinkwater - Eau potable PN12,5 SDR11 32x3,0 =3009= =16= =I= =10= =V10= PE = 0050=
22	740,16	114,47	HDPE-80	32 x 3,0	Dyka	De Watergroep	30-9-2016	van rol	DYKA KIWA BENOR PE80 EN12201 W Drinkwater - Eau potable PN12,5 SDR11 32x3,0 =3009= =16= =I= =10= =V10= PE = 0051=
23	646,65	99,46	PE-100	110 x 10,0	Wavin	WBG	22-6-2012	op lengte	WAVIN DIN EN12201 Grad B PE100 003 PN16 SDR11 110x10,0 DVGW DW8141 AT2582 KIWA =0-01= ==571 03 === 22 06 12 =92=
24	616,59	52,04	PE-40	25 x 2,7	Wavin	Dunea	week 8 2017	van rol	*199* T KIWA WAVIN PE40 PN6,3 SDR-9 25 x 2,7 N 18260817*005687*
25	369,09	110,15	PE-80	50 x 4,6	Wavin	Dunea	week 37 2016	van rol	*886* B KIWA WAVIN PE80 50x4,6 PN12,5 SDR-11 N *15153716*5890*
26	860	140	PE-100	160 x 9,5	Dyka	Evides	onbekend	op lengte	Dyka PE100 -EN12201 W Drinkwater Eau potable PN10 SDR17 160 x 9,5 = 15 = 0213 = I = 12 = V02 PE
27	660	35	PE-40	25 x 2,7	Dyka	Evides	2-11-16 0:00	van rol	0050 Dyka PE40 EN12201 W Drinkwater Eau potable PN6,3 SDR9 25 x 2,7 02-11-16 ##### (15;17) ## #####

28	580	110	PE-100	125 x 11,4	Wavin	Vitens	12-8-2016	op lengte	=92= 12 08 16 881 03
29	500	91	PE-80	40 x 2,4	Wavin	Vitens	week 2 2015	van rol	*13*B KIWA WAVIN PE80 40x2,4 PN8 SDR-17N *03080215*1411*
30	370	92	PE-80	50 x 3,0	Wavin	Vitens	week 44 2014	op lengte	1126*B KIWA WAVIN PE80 50x3,0 PN8 SDR-17 N *00284414*0034*
31	1400	350	PE-100	25 x 2,3	Pipelife	Oasen	3-5-2017	van rol	21/22 Polvalene - PE100 - 25x23 - KIWA - - SDR11 - PN16 - 17.05.03 - 006 - EN12201
32	680	120	PE-80	63 x 3,8	Dyka	PWN	22-2-2017	van rol	0060 DYKA KIWA BENOR PE80 EN 12201-W Drinkwater eau potable PN8 SDR17 63X3,8 22-02-17 09:58 -02- V10 PE
33	570	130	PE-100	90 x 5,4	Dyka	Waternet	10-5-2017	op lengte	0049=KIWA==BENOR==PE100==EN12201==W==Drinkwater eau potable==PN10==SDB17==90X5,4 ==10 05==
34	2000	570	PE-80	50 x 4,6	Wavin	WMD	week 12 2017	van rol	*296*M KIWA WAVIN PE80 50X4,6 PN12,5 SDR-11 N *23201217*309*
35	680	210	PE-80	32 x 3,0	Pipelife	De Watergroep	17-2-2010	van rol	PIPELIF BENOR NRN EN12201 PE80 ND12 E 32X3,0 SDR11= 17-02- 10=6## E01 drinkwater= eau potable
36	2200	480	PE-80	40 x 3,7	Wavin	WBG	week 51 2016	van rol	*1235* M KIWA WAVIN PE80 40x3,7 PN12,5 SDR11 ##### 19215116*044*
37	830	660	PE-40	25 x 2,7	Wavin	Dunea	week 8 2017	van rol	*199* T KIWA WAVIN PE-40 PN 6,3 SDR-9 25X2,5 N *10260817* 008417
38	1200	300	S.L.A.	110 x 10	Conval	WML	02-04-2017	op lengte	DR 11 PN16 KIWA Type B 110x10 DVGW DW-8152 BR0301 DIN/BS EN 12201 W GradB 02-04-17 PE-100-RC PAS1075 MUC-KSP-A3003

= niet goed leesbaar op het materiaal

Bijlage II Uitleg Wavin codering

II.1 PE-100

Monsternr	Code op buis
10	WAVIN/T DIN EN 12201 Grad B PE100 003 W PN16 SDR 11 110x10,0 DVGW DW8141 AT2582 KIWA -- 01
23	WAVIN DIN EN12201 Grad B PE100 003 PN16 SDR11 110x10,0 DVGW DW8141 AT2582 KIWA =0-01= ==571 03 === 22 06 12 =92=

- Wavin/T: → Merknaam Wavin, Productieplaats T= Twist (D), W= Westeregel (D).
 - DIN EN 12201: → Europese norm waaraan de buis voldoet.
 - Grad B: → Tolerantieveld B (B=more narrow-needed for socket welding), zie EN 12201-2.
 - PE100: Materiaalklasse
 - 003: → Mass melt flow rate (MFR) group.
 - W: → Drinkwater.
 - PN16: Maximaal toegestane druk voor het medium water.
 - SDR 11: SDR wanddikteklasse (=buitendiameter gedeeld door wanddikte)
 - 110x10,0: Buitendiameter [mm] x wanddikte [mm].
 - DVGW: Buis is voorzien van DVGW keur.
 - DW8141 AT 2582: → DVGW approval - Certificate No.
 - KIWA: buis is voorzien KIWA keur/KIWA Water Mark.
 - 01: → Meest waarschijnlijk: production shift (ploeg).
 - =0-01=: → Production shift (ploeg).
 - 571 03: → 571=materiaalcode (grondstof fabricaat); 03 = Mass melt group.
 - ===22 06 12: → Productiedatum: dag, maand, jaar.
 - =92=: → Extrudernummer (machinenummer) waarmee de buis geproduceerd is.
- De opdruk van buis met monsternummer 10 is niet volledig weergegeven: grondstof, productiedatum en extruder nummer ontbreekt. Het materiaal bevat niet de complete opdruk.
 - De productielocatie (T of W) staat niet weergegeven. Via het extrudernummer is achterhaald en bevestigd door Wavin dat deze buis in Twist is geproduceerd.

II.2 PE-40 en PE-80

Monsternr	Materiaal code
1	*1099* M KIWA WAVIN PE80 40x2,4 PN8 SDR-17 N *17174616*035*
2	WAVIN PE-40 PN6.3 SDR-9 25x2,7 N *20253416*0003357*
3	*490* T KIWA WAVIN PE-40 PN6.3 SDR-9 32x3,5N *12272116*0044* en *12272116*0043*
4	*1126* B KIWA WAVIN PE80 50x3,0 PN8 SDR17 *01244314*0057*
5	*120* B KIWA WAVIN PE80 32x2,0 PNS SDR-17 N *13160716*0023* en *13160716*0024*
18	*1090* B KIWA WAVIN PE80 40x3,7 PN12,5 SDR-11 N * 23144616*034*
24	*199* T KIWA WAVIN PE40 PN6,3 SDR-9 25 x 2,7 N 18260817*005687*
25	*1886* B KIWA WAVIN PE80 50x4,6 PN12,5 SDR-11 N *15153716*5890*

29	*13*B KIWA WAVIN PE80 40x2,4 PN8 SDR-17N *03080215*1411*
30	*1126*B KIWA WAVIN PE80 50x3,0 PN8 SDR-17 N *00284414*0034*
34	*296*M KIWA WAVIN PE80 50X4,6 PN12,5 SDR-11 N *23201217*309*
36	*1235* M KIWA WAVIN PE80 40x3,7 PN12,5 SDR11 19215116*044*
37	*199* T KIWA WAVIN PE-40 PN 6,3 SDR-9 25X2,5 N *10260817* 008417

- *1099*, *490*, *1126*, enz.: → een intern ordernummer waarmee diverse productiegegevens zijn vastgelegd.
 - M, T of B: → materiaalcode (grondstoffabricaat)
 - KIWA: → Buis is voorzien van Kiwa keur/KIWA Water Mark.
 - Wavin: → Merknaam Wavin.
 - PE80, PE 40: → Materiaalklasse.
 - 40x2,4: → buitendiameter [mm] x wanddikte [mm].
 - PN8, PN6.3, PN12,5: → Maximaal toegestane druk voor het medium water.
 - SDR-17, SDR9, SDR11: → SDR wanddikteklasse (=buitendiameter/wanddikte).
 - N: → aanduiding productielocatie.
 - *17174616*, *20253416*, *12272116*, enz.: → Traceabilitycode met daarin de productieperiode aanduiding. De laatste 4 cijfers staan voor weeknummer respectievelijk jaar.
 - *035*, *0003357*, *0044*, enz.: → metercodering.
-
- De opdruk van monsternummer 2 is niet volledig: intern ordernummer, materiaalcode en KIWA ontbreekt.
 - In de opdruk van monsternummer 4 ontbreekt de codering N(productielocatie).

Bijlage III BPP waarden (pg/cm²) van de negen verschillende diameters geanalyseerd.

25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	63 mm	90 mm	110 mm	125 mm	160 mm
1171,22	991,26	1713,84	349,08	760,48	703,61	666,48	580	860
1239,46	937,56	608,21	370	680	570	264,19		
1400	933,09	500	369,09	272,11		646,65		
473,91	740,16	1057,7	2000	634,82		1200		
616,59	680	468,05						
660	542,15	2200						
830	860,86							
	486							