



VISCOSITEIT, GELEIDBAARHEID EN LADINGSDICHTHEID ALS MAAT VOOR DE RIJPING VAN POLYMEER



13 maart 2013

Rapport nr. AP12008-AR-01

Door: Leon Korving

Inhoud

1	INLEIDING.....	4
2	ACHTERGRONDEN	5
3	OPZET EN WERKWIJZE	6
3.1	Inleiding.....	6
3.2	Meetopzet en meetapparatuur.....	6
3.2.1	Meetopzet rijpingsproeven	6
3.2.2	Viscositeitsmeting.....	7
3.2.3	Streaming current en ladingsdichtheid	7
3.3	Uitgevoerde proeven	9
3.3.1	Labproeven	9
3.3.2	Praktijkgegevens	10
4	RESULTATEN.....	12
4.1	Inleiding.....	12
4.2	Labexperimenten	12
4.2.1	Reproduceerbaarheid	12
4.2.2	Invloed roersnelheden	12
4.2.3	Invloed roerder	15
4.2.4	Invloed waterkwaliteit	17
4.2.5	Invloed aanzuren aanmaakwater	19
4.2.6	Invloed concentratie	20
4.2.7	Effect lange rijpingstijd.....	22
4.3	Vergelijking praktijk en labresultaten	24
4.3.1	Locatie Walcheren	24
4.3.2	Locatie De Verseput	25
4.4	Polymeer in filtraat	26
4.4.1	Inleiding.....	26
4.4.2	Locatie Walcheren	26
4.4.3	Locatie De Verseput	26
5	DISCUSSIE.....	28
5.1	Invloeden op rijping polymeer.....	28
5.1.1	Menging van polymeer en water	28
5.1.2	Invloed waterkwaliteit	29
5.1.3	Invloed polymeerconcentratie	29
5.1.4	Invloed hydrolyse van het polymeer.....	30
5.2	Werking aanmaak praktijkinstallatie.....	31
5.3	Polymeer in filtraat	32

5.4	Vergelijking polymeren	32
5.5	Verbetermogelijkheden	34
5.5.1	Kwaliteitscontrole polymeer aanmaak	34
5.5.2	Invloed waterkwaliteit	34
5.5.3	Voorselectie van polymeren.....	34
5.5.4	Controle filtraatkwaliteit	35
6	CONCLUSIES	36
7	AANBEVELINGEN	38
8	LITERATUUR	39

1 INLEIDING

Dit rapport beschrijft het resultaat van proeven die door Aiforo zijn uitgevoerd bij Waterschap Scheldestromen naar het aanmaken van polymeer voor het ontwateren van slib. Met de proeven werd beoogd een beeld te krijgen van de effectiviteit van de aanmaakinstallaties bij twee slibontwateringen bij het waterschap. Voor de evaluatie werden nieuwe meetmethoden ingezet en daarom is bij de proeven ook veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van een juiste meetmethode.

2 ACHTERGROND

Het huidige onderzoek is een vervolg op een eerder onderzoek dat door Aiforo werd uitgevoerd in opdracht van de STOWA (1). Deze studie is door de STOWA ingesteld omdat er bij veel waterschappen sprake is van een flinke toename van het polymeerverbruik. Ook bij Waterschap Scheldestromen is er sprake van een forse toename van het polymeerverbruik. De gegevens uit de bedrijfsvergelijking laten zien dat bij Waterschap Scheldestromen in 2009 67% meer polymeer werd gebruikt dan in 2006. Hierdoor waren voor Waterschap Scheldestromen de jaarlijkse kosten voor inkoop van het polymeer in 2009 192.000 euro hoger dan in 2006. Daarna heeft het gebruik zich gestabiliseerd.

Uit de studie van de STOWA komt naar voren dat er bij waterschappen weinig inzicht is in de effectiviteit van de eigen polymeer aanmaak. De studie beveelt daarom aan hier meer inzicht in te verkrijgen. Oriënterende metingen door Aiforo laten zien dat in de praktijk mogelijk niet de maximaal haalbare rijping van het polymeer wordt bereikt. Hierbij is ook een polymeer van Waterschap Scheldestromen getest. Als maat voor de rijpingstijd werd hierbij de toename in geleidbaarheid gemeten. In het lab werd voor het polymeer van Waterschap Scheldestromen (in gebruik op Willem Annapolder) een geleidbaarheid gemeten van 1340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ terwijl de geleidbaarheid in de praktijk maar 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bedroeg. Dit zou kunnen betekenen dat de rijping in de praktijk onvolledig is.

De uitgevoerde metingen waren oriënterend en daarom was het zinvol om meer metingen uit te voeren om meer inzicht te krijgen in de proefomstandigheden en de reproduceerbaarheid. Bovendien is niet zeker dat de geleidbaarheid van de oplossing de beste maat is voor de rijpingstijd. Viscositeit en ladingsdichtheid zijn alternatieve methoden die een duidelijkere relatie hebben met de bepalende eigenschappen van het polymeer (molecuulgewicht en ladingsdichtheid). Deze eigenschappen zijn daarmee ook bruikbaar om eventuele variaties in de kwaliteit van het aangeleverde polymeer te volgen.

Vanwege de kosten van de inkoop van polymeer en de geconstateerde toename van het verbruik is het van belang om zeker te stellen dat het polymeer goed wordt aangemaakt en benut. Om dit te controleren heeft Aiforo aan Waterschap Scheldestromen een onderzoek voorgesteld waarbij methoden worden ontwikkeld om de effectiviteit van de eigen polymeeraanmaak te kunnen controleren.

Voor de controle van deze effectiviteit werden 3 soorten metingen voorgesteld:

- *Geleidbaarheid.* Vanwege de eenvoud van de meting is dit een interessante parameter om de ontwikkeling van de rijping van het polymeer te volgen. Het is echter van belang deze meting te valideren met andere parameters.
- *Viscositeit.* De viscositeit van de polymeeroplossing is een goede mate voor het molecuulgewicht van het polymeer en de mate waarin de moleculen zijn uitgevouwen. Deze parameter kan gebruikt worden voor het volgen van de rijping, maar ook ter karakterisering van het molecuulgewicht van het polymeer.
- *Ladingsdichtheid.* Door titratie van het polymeer met een ander polymeer ontstaat inzicht in de ladingsdichtheid van de polymeeroplossing. Naast molecuulgrootte is deze lading van groot belang voor de werking van het polymeer. Deze parameter kan gebruikt worden voor het volgen van de rijping en ter karakterisering van de lading van het polymeer.

De oriënterende metingen voor het STOWA onderzoek lieten zien dat de proefopzet bepalend is voor de resultaten van de proeven. Het onderzoek besteedt daarom extra aandacht aan de ontwikkeling van een proefopzet die reproduceerbaar is en de eigenschappen in de praktijk het beste benadert.

3 OPZET EN WERKWIJZE

3.1 Inleiding

De proeven zijn uitgevoerd in november en december van 2012. Op 20 november 2012 zijn oriënterende proeven uitgevoerd bij Inven in Breda. Voor de metingen is een viscositeitsmeter en een streaming current meter gebruikt die gehuurd werd bij Inven. Het doel van deze oriënterende meetdag was een indruk te krijgen van de meetinstrumenten en omgang met de apparatuur.

Van 3 tot 5 december zijn metingen uitgevoerd op de rwzi Walcheren. Bij deze metingen werd vooral gebruik gemaakt van viscositeit en geleidbaarheid als maat voor de rijping van het polymeer. Deze proeven dienden vooral voor het onderzoeken van de proefomstandigheden (roersnelheden, waterkwaliteit) op de rijping van het polymeer. Tevens werden vergelijkingen gemaakt tussen de rijping van het polymeer in het laboratorium en in de praktijkinstallatie.

Op 17 en 18 december zijn metingen uitgevoerd op rwzi De Verseput en op 21 december op rwzi Walcheren. Bij deze metingen werd in aanvulling op de meting van viscositeit en geleidbaarheid ook de lading van het aangemaakte polymeer getest met behulp van een streaming current meter. De metingen beoogden vooral de kwaliteit van het polymeer uit de praktijkinstallatie te vergelijken met de resultaten van de proeven op laboratoriumschaal. Tevens werd de streaming current van het filtraat van de praktijkinstallatie gemeten om een indruk te krijgen van de onder- of overdosering van polymeer in de praktijkinstallatie.

3.2 Meetopzet en meetapparatuur

3.2.1 Meetopzet rijpingsproeven

De proeven voor de rijping van het polymeer werden alle met een standaardmeetopstelling uitgevoerd (Figuur 1). Deze meetopstelling bestond uit de volgende apparatuur:

- IKA Eurostart Digital bovenroerder met vast, geregeld toerental van 50-2000 rpm, maximaal in te brengen roervermogen: 53 W;
- IKA roerder: 4 bladige propellor, R1342, diameter 5 cm;
- Of: IKA roerder met radiale flow voor oplossen van materialen, R1303, diameter 4,2 cm;
- Bekerglas, 400 ml, diameter 8 cm;
- Hach Lange geleidbaarheidsmeter.

Voor het aanmaken van het polymeer werd steeds de volgende procedure gevolgd.

1. 300 ml verdunningswater werd afgemeten met een maatcilinder en overgedaan in het bekerglas.
2. Met een injectiespuit van 3 ml werd een bepaalde hoeveelheid



Figuur 1: meetopstelling voor rijping polymeer op labschaal

polymeer afgemeten. De spuit werd voor en na de dosering gewogen om het gewicht van het gedoseerde polymeer te meten.

3. De bovenroerder werd ingesteld op een bepaald toerental. Op $t=0$ werd het polymeer met de injectiespuit gedoseerd in de vortex die veroorzaakt werd door het roeren.
4. De eerste minuut werd steeds geroerd zonder geleidbaarheidsmeter in het bekglas. Bij vrijwel alle proeven werd de eerste minuut harder geroerd dan in de minuten erna.
5. Na 1 minuut werd het roeren gestopt en de viscositeit gemeten (zie ook paragraaf 3.2.2). Het uitvoeren van deze meting kostte maximaal 1 minuut zodat na 2 minuten het roeren weer hervat kon worden.
6. Na het hervatten van het roeren werd de ontwikkeling van de geleidbaarheid continu gevolgd met de geleidbaarheidsmeting. Op zekere tijdstippen werd de proef onderbroken voor het uitvoeren van een viscositeitsmeting. Deze onderbrekingen duurden typisch 1 tot 2 minuten.



Figuur 2: gebruikte roeders

3.2.2 Viscositeitsmeting

Voor de meting van de viscositeit van het aangemaakte polymeer werd een “Black One” viscositeitsmeter gebruikt die gehuurd werd van Inven uit Breda. Deze meter kan viscositeit meten tussen 20 en $180 \cdot 10^6$ mPa.s.

Voor het uitvoeren van een meting werd de viscositeit bepaald door de spindel in het bekglas met polymeer te laten zakken. De viscositeit werd bepaald bij een toerental van 100 rpm en met een ASTM 2 spindel. De metingen werden steeds in hetzelfde type bekglas uitgevoerd. Andere toerentallen en bekglazen met een andere diameter leidden tot iets andere, maar reproduceerbare waarden voor de viscositeit.



Figuur 3: Lamy Black One viscositeitsmeter

3.2.3 Streaming current en ladingsdichtheid

Voor het meten van de lading van het aangemaakte polymeer werd een BTG Mutek PCD-04 “streaming current” meter gebruikt. De meter geeft een meetwaarde van de hoeveelheid en potentiaal van de lading aanwezig in een oplossing. De ladingsterkte wordt bepaald door titratie met een poly-elektrolyt van een bekende en tegenovergestelde potentiaal. Optioneel kan de meter ook gebruikt worden om het iso-elektrisch punt en de relatie tussen streaming current en pH te bepalen. Deze mogelijkheid werd bij de proeven niet gebruikt.

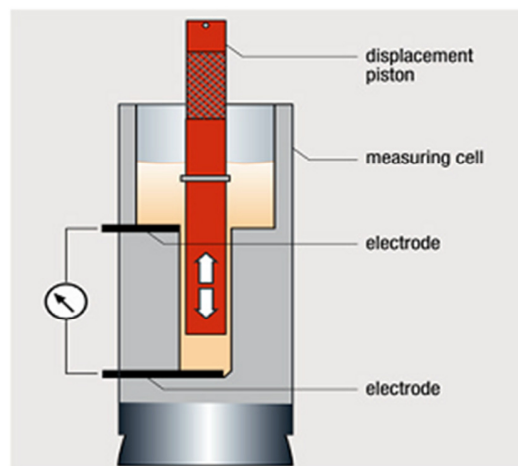
Voor een meting wordt een monster met een volume van 10 ml overgebracht in de meetcel. Na inschakeling van het apparaat gaat er een zuiger oscilleren in de meetcel. Deze oscillatie zorgt voor een hoge stroomsnelheid in de meetcel. Geladen polymeer materiaal hecht aan de zuiger en wordt door de heen en weer gaande beweging gescheiden van de tegenionen in de oplossing. Hierdoor ontstaat er een potentiaalverschil en een kleine stroom, ook wel “streaming current” genoemd. Twee elektroden in de cel meten dit potentiaal verschil en geven het weer op de display. De ladingsdichtheid kan bepaald worden door de lading weg te titreren met



Figuur 4: Ladingmeter BTG Mutek PCD 04

een titrant waarvan de lading tegengesteld is aan de lading van het monster. Het verbruik aan titrant totdat de potentiaal 0 mV is, is een maat voor de ladingsdichtheid van het monster.

Voor het bepalen van de lading van het aangemaakte polymeer werd de polymeeroplossing verdund door 1 of 2 ml van het aangemaakte polymeer af te meten met een injectiespuit van 3 ml en dit te verdunnen met 100 ml kraanwater (afgemeten met een maatcilinder). Van het verdunde monster werd 10 ml afgemeten met een injectiespuit van 10 ml en overgebracht in de meetcel. De potentiaal van de streaming current werd na ca. 1-2 minuten meten genoteerd en daarna werd de titratie gestart. Voor de titratie werd het automatische programma van het apparaat gebruikt. De ladingconcentratie van de titrant bedroeg 0,001 equivalenten/l. Na elke meting werd de meetcel grondig gereinigd met de meegeleverde reinigingsvloeistof en demi-water.



Figuur 5: Schematische weergave meetcel PCD 04

3.3 Uitgevoerde proeven

3.3.1 Labproeven

Tabel 1 op de volgende bladzijde geeft een overzicht van alle proeven die in het laboratorium zijn uitgevoerd voor het bepalen van de rijping van verschillende polymeren onder verschillende omstandigheden. Om de invloed van de roercondities te onderzoeken zijn verschillende roerders uitgetest bij verschillende toerentallen. Het eerste getal in de kolom toerentallen geeft het toerental dat gebruikt is voor het mengen van polymeer en water in de eerste minuut. Het tweede getal geeft het toerental dat gedurende de rest van de proef werd gehanteerd.

Tabel 1: overzicht uitgevoerde laboratorium proeven

#	Locatie	Datum	Roerder	Toeren	Water	PE-concentratie	PE-type
1	rwzi Walcheren	3-12-2012	R1342	600/300	Effluent 3/12	0,53%	Kemira Superfloc C82089
2	rwzi Walcheren	3-12-2012	R1342	600/300	Effluent 3/12	0,09%	Kemira Superfloc C82089
3	rwzi Walcheren	3-12-2012	R1342	600/300	Effluent 3/12	0,16%	Kemira Superfloc C82089
4	rwzi Walcheren	3-12-2012	R1303	600/300	Effluent 3/12	0,18%	Kemira Superfloc C82089
5	rwzi Walcheren	3-12-2012	R1303	1200/600	Effluent 3/12	0,17%	Kemira Superfloc C82089
6	rwzi Walcheren	3-12-2012	R1342	1000/600	Effluent 3/12	0,18%	Kemira Superfloc C82089
7	rwzi Walcheren	4-12-2012	R1342	1000/600	Effluent 3/12	0,18%	Kemira Superfloc C82089
8	rwzi Walcheren	4-12-2012	R1342	1000/600	Effluent 3/12	0,18%	Kemira Superfloc C82089
9	rwzi Walcheren	4-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Walcheren	0,18%	Kemira Superfloc C82089
10	rwzi Walcheren	4-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Walcheren	0,18%	Kemira Superfloc C82089
11	rwzi Walcheren	4-12-2012	R1342	1000/600	Effluent 3/12 oud	0,25%	Kemira Superfloc C82089
12	rwzi Walcheren	4-12-2012	R1342	1000/600	Aangezuurd effluent 3/12	0,18%	Kemira Superfloc C82089
13	rwzi Walcheren	4-12-2012	R1342	300/600	Effluent 3/12 oud	0,17%	Kemira Superfloc C82089
14	rwzi Walcheren	4-12-2012	R1342	600/600	Effluent 3/12 oud	0,17%	Kemira Superfloc C82089
15	rwzi Walcheren	5-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Breda, koud	0,18%	Kemira Superfloc C82089
16	rwzi Walcheren	5-12-2012	R1342	1000/600	Effluent 5/12 9:50, koud	0,16%	Kemira Superfloc C82089
17	rwzi Walcheren	5-12-2012	R1342	1000/600	Effluent 5/12 11:15, koud	0,16%	Kemira Superfloc C82089
18	rwzi Walcheren	5-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Breda, warm	0,17%	Kemira Superfloc C82089
19	rwzi Walcheren	5-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Breda, warm	0,49%	Kemira Superfloc C82089
20	Inven, Breda	20-11-2012	roervlo	onbekend	Leidingwater Breda, koud	0,50%	Kemira Superfloc C82089
21	Inven, Breda	20-11-2012	roervlo	onbekend	Leidingwater Breda, koud	0,50%	Ashland Praestol K233 L
22	Inven, Breda	20-11-2012	roervlo	onbekend	Leidingwater Breda, koud	0,43%	Kemira C1598
23	rwzi De VersePut	17-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Verseput	0,49%	Ashland Praestol K233 L
24	rwzi De VersePut	18-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Verseput	0,49%	Ashland Praestol K233 L
25	rwzi De VersePut	18-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Verseput	0,49%	Ashland Praestol K233 L
26	rwzi De VersePut	18-12-2012	R1342	1400/1400	Leidingwater Verseput	0,49%	Ashland Praestol K233 L
27	rwzi De VersePut	18-12-2012	R1342	1400/600	Leidingwater Verseput	0,50%	Ashland Praestol K233 L
28	rwzi De VersePut	18-12-2012	R1303	1400/600	Leidingwater Verseput	0,49%	Ashland Praestol K233 L
29	rwzi Walcheren	21-12-2012	R1303	1000/600	Effluent 21/12	0,17%	Ashland Praestol K255 L
30	rwzi Walcheren	21-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Walcheren	0,48%	Ashland Praestol K255 L
31	rwzi Walcheren	21-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Walcheren	0,16%	Ashland Praestol K255 L
32	rwzi Walcheren	21-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Walcheren	0,49%	Ashland Praestol K233 L
33	rwzi Walcheren	21-12-2012	R1342	1000/600	Leidingwater Walcheren	0,43%	Kemira C1598

3.3.2 Praktijkgegevens

Ter vergelijking van de resultaten van de labproeven met de prestatie van de praktijkinstallatie zijn er op verschillende momenten monsters genomen van het aangemaakte polymeer uit de praktijkinstallatie. Bij zowel rwzi Walcheren als rwzi De Verseput bestond de polymeeraanmaak uit een doorstroomsysteem met drie compartimenten. In het eerste compartiment vindt een intensieve menging plaats, gevolgd door een minder intensieve menging in de volgende twee compartimenten. Op beide locaties wordt het slib ontwaterd met zeefbandpersen.

Op de locatie Walcheren wordt intermitterend (circa 15 min gedurende elk halfuur) 4-4,5 m³/h aanmaakwater gedoseerd aan de aanmaakinstallatie. Deze voeding is afhankelijk van de afname van polymeer uit het laatste compartiment. De drie compartimenten hebben elk een volume van 1,25 m³. In totaal is de verblijftijd in de aanmaakinstallaties dus ongeveer 100-112 minuten. Het eerste compartiment beschikt over 2 propeller roerders met 3 bladen. De volgende twee compartimenten hebben slechts één roerder, van het zelfde type als in het eerste compartiment. De roerders hebben een diameter van 300 mm en een toerental van 300 rpm. Dit geeft een tipsnelheid van de propeller van 4,7 m/s. Het motorvermogen van elke roerder is maximaal 0,75 kW. In het eerste compartiment kan dus maximaal 1,2 kW/m³ worden ingebracht. In de volgende 2 compartimenten is dit 0,6 kW/m³.



Figuur 6: PE aanmaak installatie Walcheren (links) en De Verseput (rechts)

Op de locatie De Verseput wordt intermitterend (circa 20 minuten per 2 uur) gemiddeld 570 l/h aanmaakwater gedoseerd aan de aanmaakinstallatie. Ook hier is de dosering afhankelijk van de afname van aangemaakt polymeer. Het eerste en het laatste compartiment hebben een volume van 225 l. Het tweede compartiment heeft een volume van 250 l. In totaal is de verblijftijd in de aanmaakinstallatie ruim 7 uur. Het eerste compartiment beschikt over een krachtige menger met een vermogen van 0,75 kW en een toerental van 900 rpm. Deze roerder bevindt zich in een koker met een volume van 25 l waardoor de energie van deze roerder in een relatief kleine volume wordt ingebracht. Het eerste compartiment bevat ook een tweede, rustige roerder met een vermogen van 0,18 kW en een toerental van 67 rpm. Ook het tweede compartiment heeft een dergelijke roerder. Het derde compartiment is niet geroerd. Alle roerders zijn gelijk en hebben twee rechthoekige platte schoepen en een diameter van 30 cm. De krachtige roerder heeft een tipsnelheid van 14 m/s. De rustige roerders hebben een tipsnelheid van 1,1 m/s. In het eerste compartiment vindt een eerste krachtige menging plaats in de kleine koker van 25 l. Op deze plaats wordt ongeveer 30 kW/m³ aan ingebracht in een periode van ongeveer 2,6 minuten. Na deze intensieve menging vindt de menging in het eerste en tweede compartiment rustig plaats met een intensiteit van 0,7 kW/m³.

De monsters van het aangemaakte polymeer zijn steeds uit het laatste compartiment geschept. Na monsternamen zijn zo snel mogelijk de eigenschappen van het aangemaakte polymeer bepaald. Voor enkele monsters is het verloop van deze eigenschappen in de tijd gevolgd. Daarbij werden de monsters niet of beperkt geroerd met een roervlo.

Voor rwzi Walcheren zijn op 3, 4, 5 en 21 december monsters uit de praktijkinstallatie genomen. Op 3, 4 en 5 december werd alleen geleidbaarheid en viscositeit van de monsters bepaald. Op 21 december werd ook de ladingsdichtheid van het monster bepaald. Achteraf bleek op 21 december een ander polymeer in gebruik te zijn dan normaal het geval is. Hierdoor kunnen de resultaten van 21 december helaas niet vergeleken worden met de resultaten van 3 tot 5 december. Op de rwzi Walcheren wordt het polymeer aangemaakt met gefilterd effluent. Op deze dagen werden er daarom ook monsters van het effluent genomen. Bovendien zijn er op 21 december monsters van het filtraat genomen. Van het filtraat is vervolgens de streaming potentiaal en de ladingsdichtheid bepaald om een indruk te krijgen van de onder- of overdosering van het polymeer.

Op de rwzi De Verseput zijn op 17 en 18 december monsters uit de praktijkinstallatie genomen. Hiervan werd de geleidbaarheid, viscositeit en ladingsdichtheid bepaald. Op De Verseput wordt het polymeer aangemaakt met leidingwater en daarom zijn geen effluent monsters genomen. Op deze locatie zijn ook monsters van het filtraat genomen om een indruk te krijgen van de onder of overdosering van het polymeer.

4 RESULTATEN

4.1 Inleiding

De resultaten van het onderzoek zijn ingedeeld in 3 paragrafen. In de eerste paragraaf wordt aan de hand van de resultaten van de labexperimenten ingegaan op de invloeden op de rijping van het polymeer. Op basis van deze gegevens wordt vervolgens een vergelijking gemaakt met de prestatie van de praktijkinstallatie. Tenslotte wordt ingegaan op de metingen van het filtraat voor bepaling van een onder- of overdosering van het polymeer.

4.2 Labexperimenten

4.2.1 Reproduceerbaarheid

Er zijn vier series van experimenten uitgevoerd waarbij de condities van het experiment gelijk waren. Deze series geven een indruk van de reproduceerbaarheid van de experimenten en zijn behulpzaam bij het interpreteren van de resultaten in de volgende paragrafen. Tabel 2 geeft een overzicht van de gevonden afwijkingen aan de hand van de (relatieve) standaard deviatie van de eigenschappen van het polymeer na 30 minuten. De resultaten voor viscositeit en ladingsdichtheid blijken onderling goed vergelijkbaar met een beperkte afwijking van 1-2%. Voor de toename van de geleidbaarheid werden grotere afwijkingen geconstateerd. Dit wijst er op dat deze meetmethode minder nauwkeurig is.

Tabel 2: relatieve afwijking tussen vergelijkbare proeven (standaard deviatie)

Proef serie	Viscositeit na 30 min (mPa.s)	Δ Geleidbaarheid na 30 min ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ladingsdichtheid na 30 min (meq/g)
P6, P7, P8	1,6%	2,2%	-
P9, P10	2,9%	4,2%	-
P16, P17	1,2%	12%	-
P23, P24, P25	1,3%	2,1%	2,0%

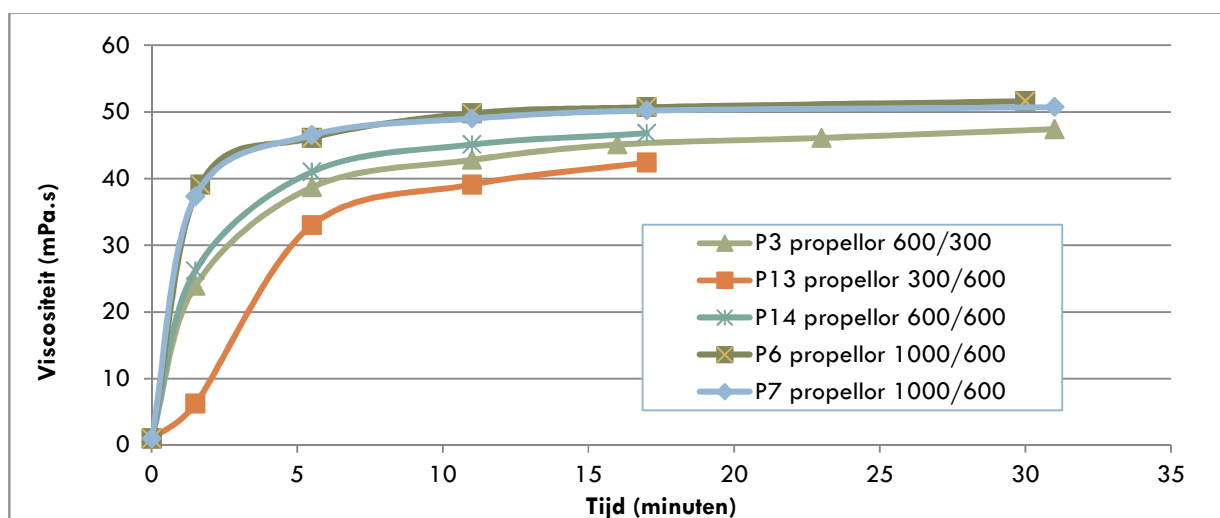
4.2.2 Invloed roersnelheden

Met het polymeer Superfloc C82089 zijn op de rwzi Walcheren testen uitgevoerd om de invloed van de roersnelheden op de rijping van het polymeer te onderzoeken. Deze proeven zijn uitgevoerd bij een concentratie van 0,18% en effluent als aanmaakwater. Figuur 7 geeft de resultaten voor de ontwikkeling van de viscositeit en Figuur 8 de effecten op de toename van de geleidbaarheid. Om voldoende proeven in de beschikbare tijd te kunnen uitvoeren zijn enkele proeven al na 15 minuten afgebroken.

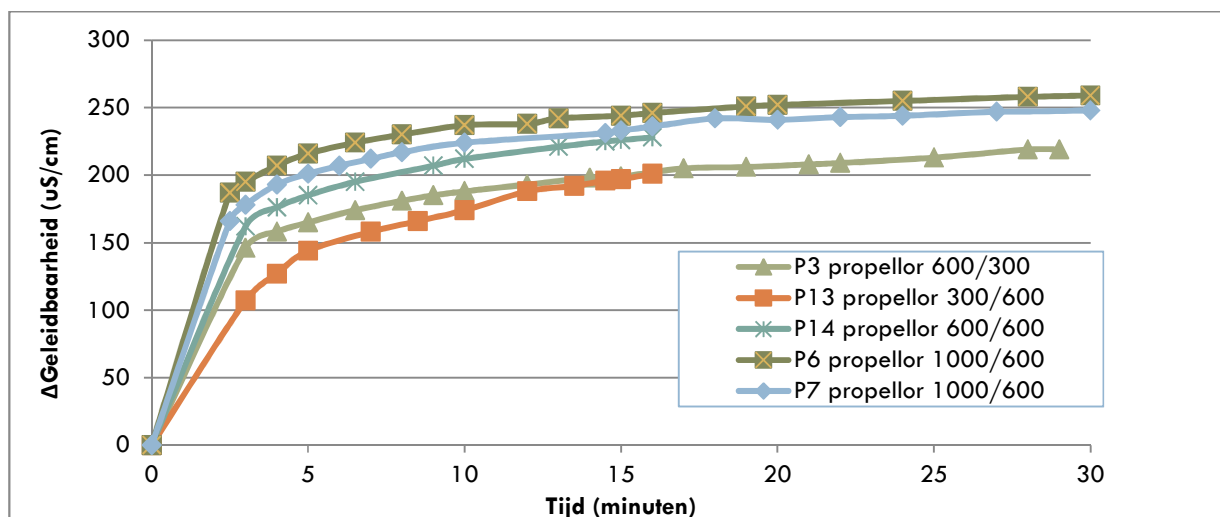
De proeven laten zien dat vooral de mate van menging in de eerste minuut bepalend is voor de ontwikkeling van de viscositeit. Een vergelijking tussen proef P3 en P14 laat zien dat een hogere roersnelheid (600 versus 300 rpm) na de eerste minuut een gering effect heeft op de ontwikkeling van de viscositeit. Als echter de roersnelheid in de eerste minuut verlaagd wordt van 600 naar 300 rpm (proef P14 versus P13) heeft dit negatieve effecten op de ontwikkeling van de viscositeit. Een verhoging van de roersnelheid naar 1000 rpm (proef P14 versus P6 en P7) zorgt juist voor een duidelijke versnelling van de viscositeitstoename.

De ontwikkeling van de geleidbaarheid laat een vergelijkbaar beeld zien hoewel dit beeld minder duidelijk is dan bij de viscositeitstoename. De proef laat ook zien dat de ontwikkeling van de viscositeit voor proef P6 en P7

goed vergelijkbaar is. De ontwikkeling van de geleidbaarheid vertoont meer verschil tussen beide proeven. Dit wijst er op dat de ontwikkeling van de geleidbaarheid gevoeliger is voor meetvariaties dan de viscositeit.



Figuur 7: invloed roersnelheid op ontwikkeling viscositeit, Superfloc C82089

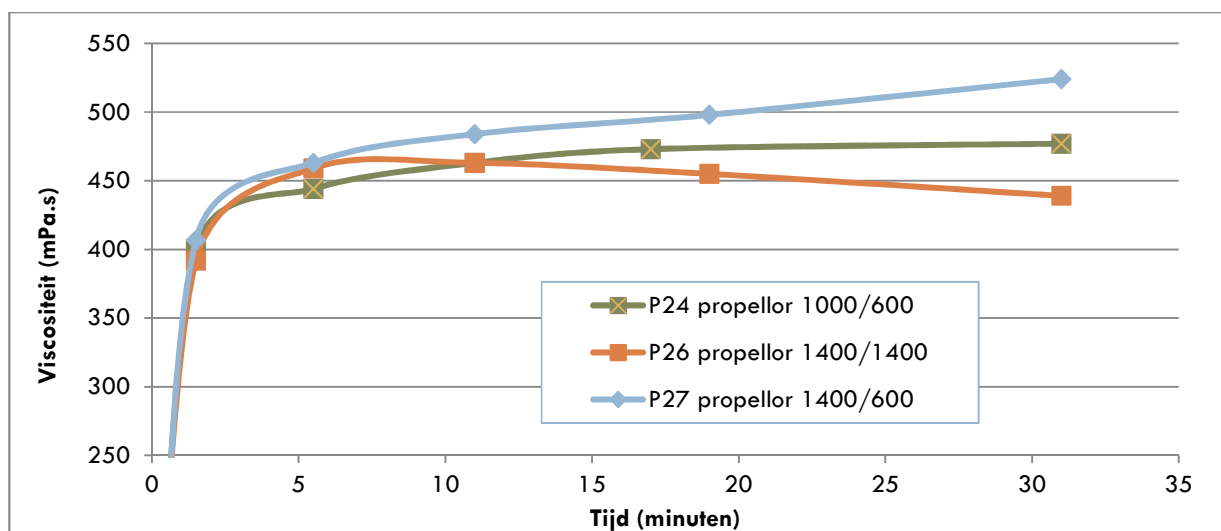


Figuur 8: Invloed roersnelheid op toename van de geleidbaarheid, Superfloc C82089

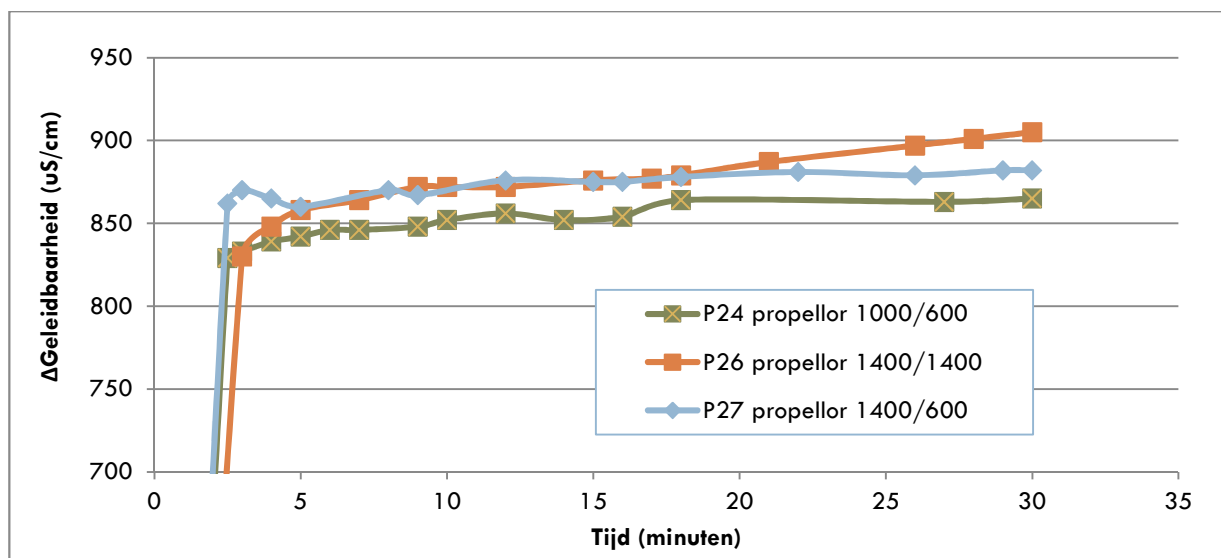
Ook voor het polymeer Praestol K233 L is de invloed van de roersnelheid onderzocht (Figuur 9, Figuur 10 en Tabel 3). Deze proeven zijn uitgevoerd op rwzi De Verseput bij een concentratie van 0,49% met leidingwater als aanmaakwater. Ook deze proef laat zien dat het verhogen van de roersnelheid (van 1000 rpm naar 1400 rpm) in de eerste minuut een positief effect heeft op de ontwikkeling van de viscositeit (+10%) en geleidbaarheid (+2%) gedurende de hele proef (P27 versus P24). Een verhoging van de roersnelheid na de eerste minuut (van 600 naar 1400 rpm) blijkt bij deze proef juist een negatief effect te hebben (proef P26 versus P27). Aanvankelijk neemt de viscositeit op een vergelijkbare wijze toe, maar na ongeveer 10 minuten begint de viscositeit juist te dalen, terwijl de geleidbaarheid juist wel toeneemt. Bij deze proeven is ook de ladingsdichtheid van het aangemaakte polymeer gemeten na een half uur rijping. De extra menging in de eerste minuut heeft weinig extra effect op de ladingsdichtheid (proef P24 versus P27). De extra menging na de eerste minuut zorgt wel voor een toename van de ladingsdichtheid van het polymeer van ongeveer 10%.

Tabel 3: invloed roersnelheden op eigenschappen aangemaakt polymeer

Proef	Roersnelheden (rpm)	Viscositeit na 30 min (mPa.s)	Δ Geleidbaarheid na 30 min ($\mu\text{S/cm}$)	Ladingsdichtheid na 30 min (meq/g)
P3	600/300	47	219	-
P6	1000/600	52	259	-
P7	1000/600	51	248	-
P8	1000/600	52	255	-
P13	300/600	42 (17 min)	201 (16 min)	-
P14	600/600	47 (17 min)	228 (16 min)	-
P24	1000/600	477	865	3,01
P26	1400/1400	439	905	3,29
P27	1400/600	524	882	2,95



Figuur 9: invloed roersnelheid op ontwikkeling viscositeit, Praestol K233 L

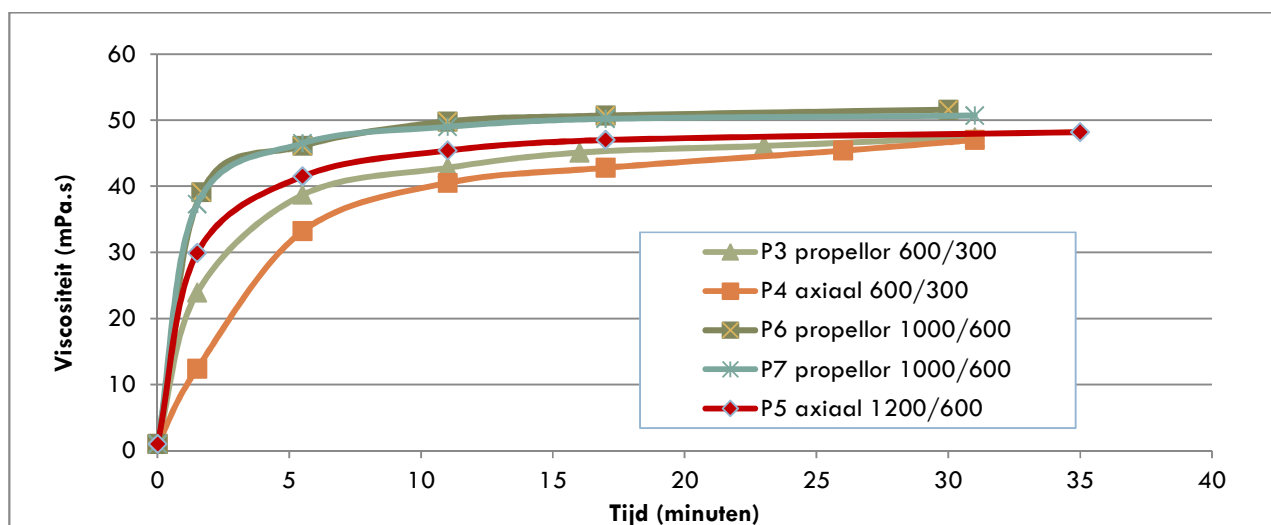


Figuur 10: Invloed roersnelheid op toename van de geleidbaarheid, Praestol K233 L

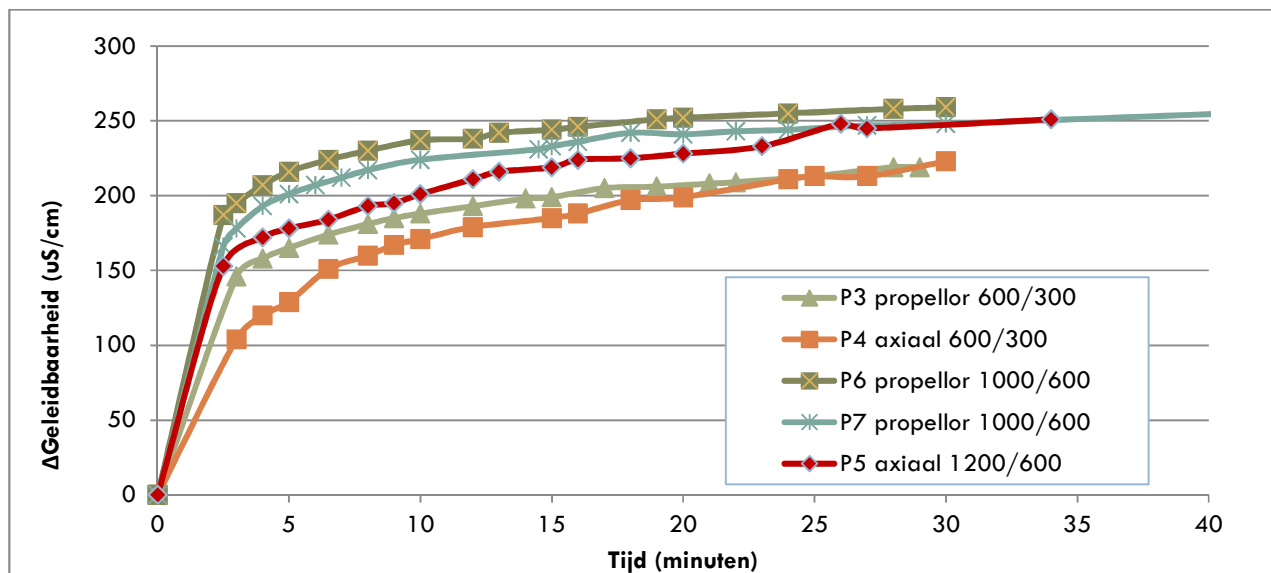
4.2.3 Invloed roerder

Figuur 11 en Figuur 12 laten de ontwikkeling zien van de viscositeit en de geleidbaarheid van het polymeer Superfloc C82089 als functie van de tijd. De proeven zijn uitgevoerd bij een concentratie van 0,18% en effluent als aanmaakwater. Bij deze proeven zijn twee verschillende roeders getest bij verschillende roersnelheden.

De figuren laten zien dat bij lage roersnelheden (proef P3 en P4) de viscositeit en geleidbaarheid sneller toeneemt met de propeller (R1342) dan met de axiale roerder (R1303). Uiteindelijk wordt na een half uur ongeveer hetzelfde eindresultaat bereikt en is er nauwelijks verschil tussen beide roeders. De proeven bij hogere roersnelheden (P5, P6, P7) laten ook zien dat geleidbaarheid en viscositeit sneller toenemen met de propellor roerder. Bij deze omstandigheden zorgt de propellor roerder wel voor een iets hogere viscositeit (ca. 7% hoger) na 30 minuten.



Figuur 11: invloed roerder op viscositeit



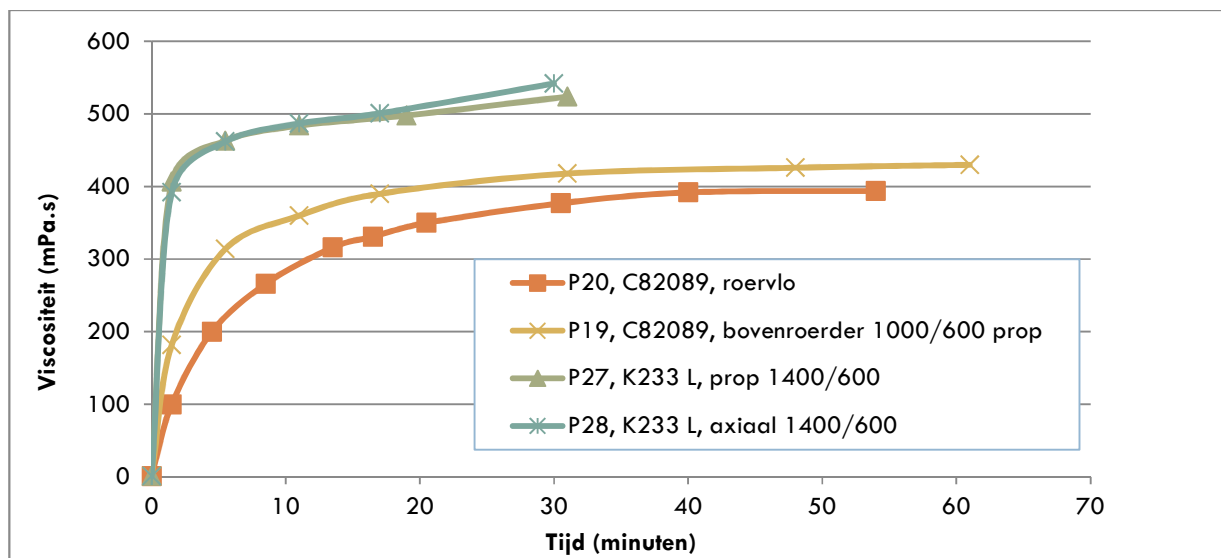
Figuur 12: Invloed roerder op toename van de geleidbaarheid

Tabel 4: invloed roersnelheden op eigenschappen aangemaakt polymeer

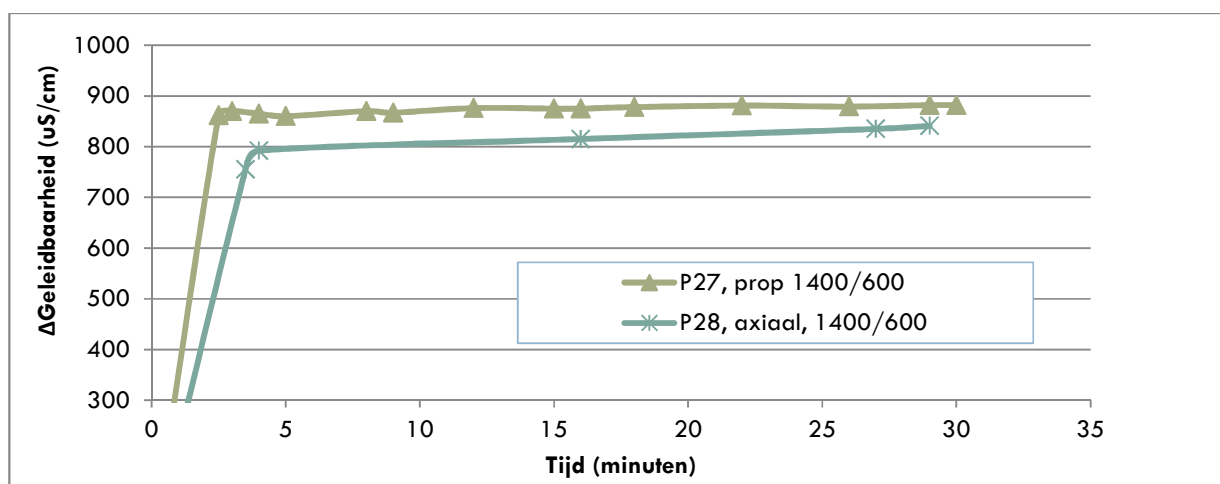
Proef	Roersnelheden (rpm)	Roerder	Viscositeit na 30 min (mPa.s)	Δ Geleidbaarheid na 30 min ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ladingsdichtheid na 30 min (meq/g)
P3	600/300	Prop (R1342)	47	219	-
P4	600/300	Axiaal (R1303)	47	223	-
P5	1200/600	Axiaal (R1303)	48	251	-
P6	1000/600	Prop (R1342)	52	259	-
P7	1000/600	Prop (R1342)	51	248	-
P19	1000/600	Prop (R1342)	418	818	-
P20	N.B.	roervlo	377	-	-
P27	1400/600	Prop (R1342)	524	882	2,95
P28	1400/600	Axiaal (R1303)	542	841	2,96

Het belang van een goede menging wordt verder geïllustreerd door een vergelijking van de resultaten van proef 19 en 20. Beide proeven zijn ook uitgevoerd met Superfloc C82089, maar bij een hogere concentratie van 0,5% en met leidingwater als aanmaakwater. Bij proef 20 is het polymeer aangemaakt met een roervlo met een lengte van 4 cm. Bij de proef is alleen de ontwikkeling van de viscositeit gevolgd. Het toerental van de roervlo is onbekend omdat deze mede bepaald wordt door de viscositeit van de oplossing. Bij proef 19 is het polymeer aangemaakt bij een vergelijkbare concentratie, maar met gebruik van een bovenroerder. Figuur 13 laat zien dat deze manier van roeren een hogere viscositeit van het aangemaakte polymeer geeft.

De invloed van de roerderkeuze is tenslotte nog onderzocht voor het polymeer Praestol K233 L. Deze proeven zijn uitgevoerd bij een concentratie van 0,5% en leidingwater als aanmaakwater. De proeven laten zien dat er in dit geval weinig verschil is te constateren in de prestatie van beide roeders.



Figuur 13: invloed menger op ontwikkeling viscositeit



Figuur 14: invloed roerder op ontwikkeling geleidbaarheid

4.2.4 Invloed waterkwaliteit

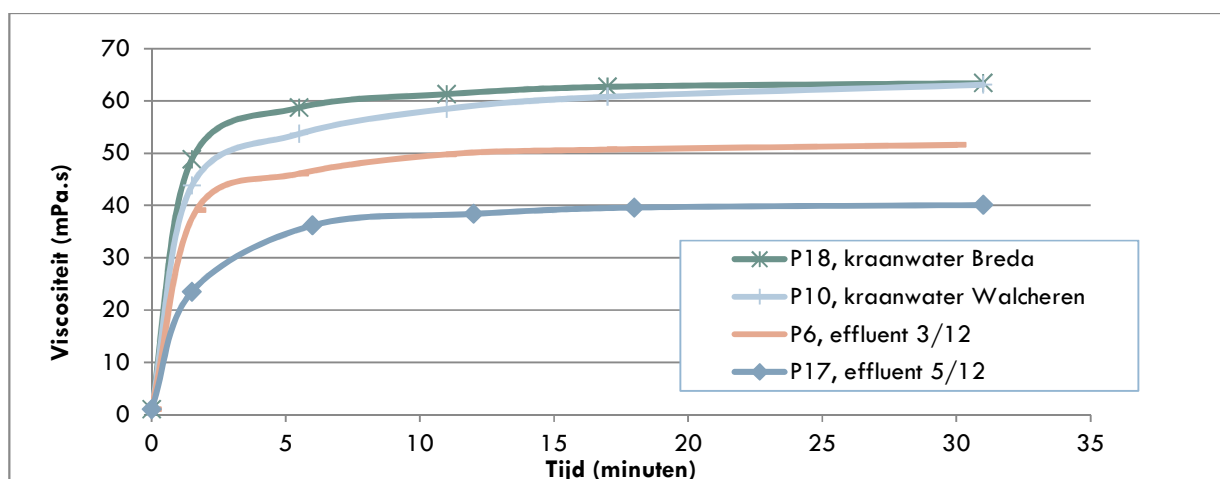
Er zijn een aantal proeven uitgevoerd om de invloed van de waterkwaliteit op de rijping van het polymeer te onderzoeken. Figuur 15 en Figuur 16 geven de resultaten van proeven met Superfloc C82089 bij een concentratie van 0,16-0,18%. Tabel 5 geeft een overzicht van de viscositeit en geleidbaarheid na 30 minuten. Alle proeven zijn uitgevoerd met de propeller roerder bij een toerental van 1000 rpm in de eerste minuut en 600 rpm gedurende de rest van de proef.

Tabel 5: invloed waterkwaliteit op rijping polymeer (Superfloc C82089)

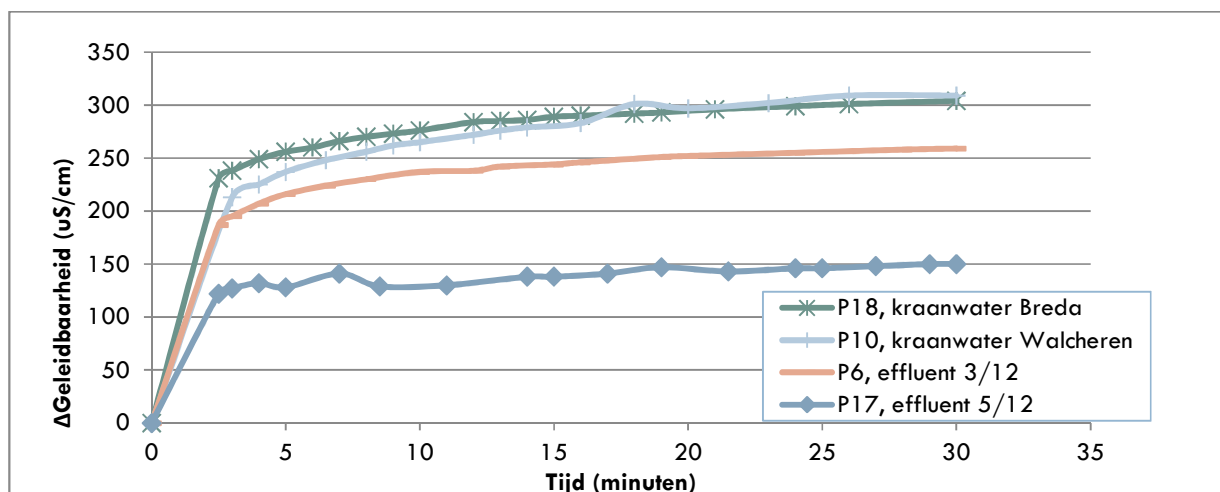
Proef	Aanmaakwater		Geleidbaarheid – water (μS/cm)	Viscositeit na 30 min (mPa.s)	Δ Geleidbaarheid na 30 min (μS/cm)
		pH - water			
P6	Effluent 3/12	6,7	976	52	259
P10	Kraanwater Walcheren	8,0	453	63	309
P17	Effluent 5/12	7,2	1909	40	150
P18	Kraanwater Breda	7,9	439	63	304

De resultaten laten zien dat het effluent van 5 december een slechte invloed heeft op de rijping van het polymeer. De viscositeit is 25% lager en de toename van de geleidbaarheid is zelfs 42% minder. Dit effluent blijkt duidelijk zouter dan het effluent van 3/12.

Aan de andere kant neemt de viscositeit en de geleidbaarheid van het aangemaakte polymeer sterker toe als het met kraanwater wordt aangemaakt. De viscositeit is 21% hoger en de toename van de geleidbaarheid is 17% hoger dan wanneer effluent gebruik wordt. Na 30 minuten komen de resultaten met kraanwater van Breda en Walcheren goed met elkaar overeen. Wel laat de proef met kraanwater van Breda een snellere toename zien van de viscositeit en geleidbaarheid, maar uiteindelijk zijn de resultaten na 30 minuten vergelijkbaar.



Figuur 15: invloed waterkwaliteit op ontwikkeling viscositeit

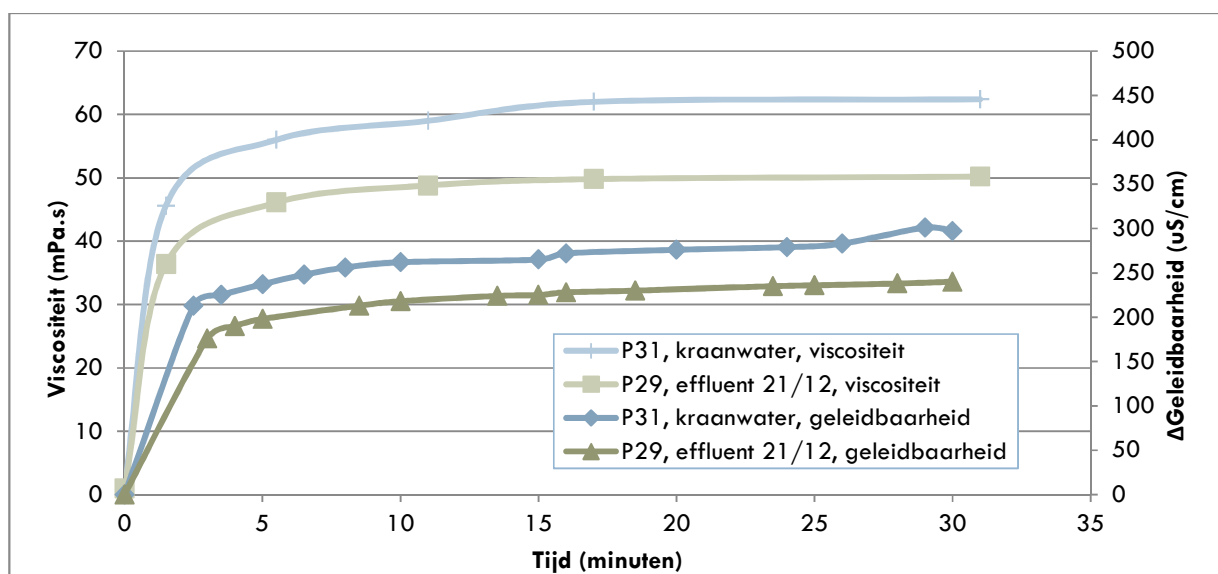


Figuur 16: invloed waterkwaliteit op ontwikkeling geleidbaarheid

Op 21 december is op de rwzi Walcheren nogmaals het effect van de waterkwaliteit onderzocht. Op die dag werd het polymeer Praestol K255 L gebruikt in de installatie, waardoor vergelijking met eerdere resultaten niet mogelijk is. Figuur 17 en Tabel 6 geven de resultaten van de proeven. Ook bij dit polymeer zorgt kraanwater voor een vergelijkbaar hogere viscositeit (+24%) en toename van de geleidbaarheid (+15%). Het watertype lijkt geen effect te hebben op de ladingsdichtheid van het polymeer. Dit kan ook het gevolg zijn van het feit dat het voor deze bepaling noodzakelijk is om het polymeer verder te verdunnen (factor 50). Hiervoor is in beide gevallen kraanwater gebruikt.

Tabel 6: invloed waterkwaliteit op rijping polymeer (Praestol K255 L)

Proef	Aanmaakwater		Geleidbaarheid – water (μS/cm)	Viscositeit na 30 min (mPa.s)	Δ Geleidbaarheid na 30 min (μS/cm)	Ladingsdichtheid na 30 min (meq/g)
		pH - water				
P29	Effluent 21/12	7,4	1038	50	240	4,2
P31	Kraanwater	8,1	462	62	277	4,1

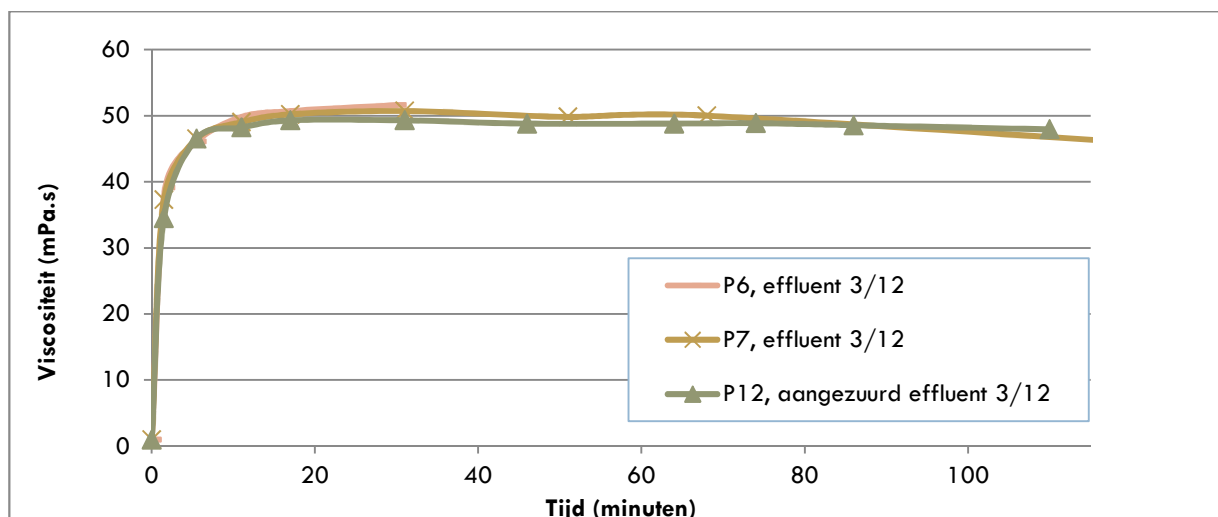


Figuur 17: invloed waterkwaliteit op viscositeit en geleidbaarheid voor Praestol K 255 L

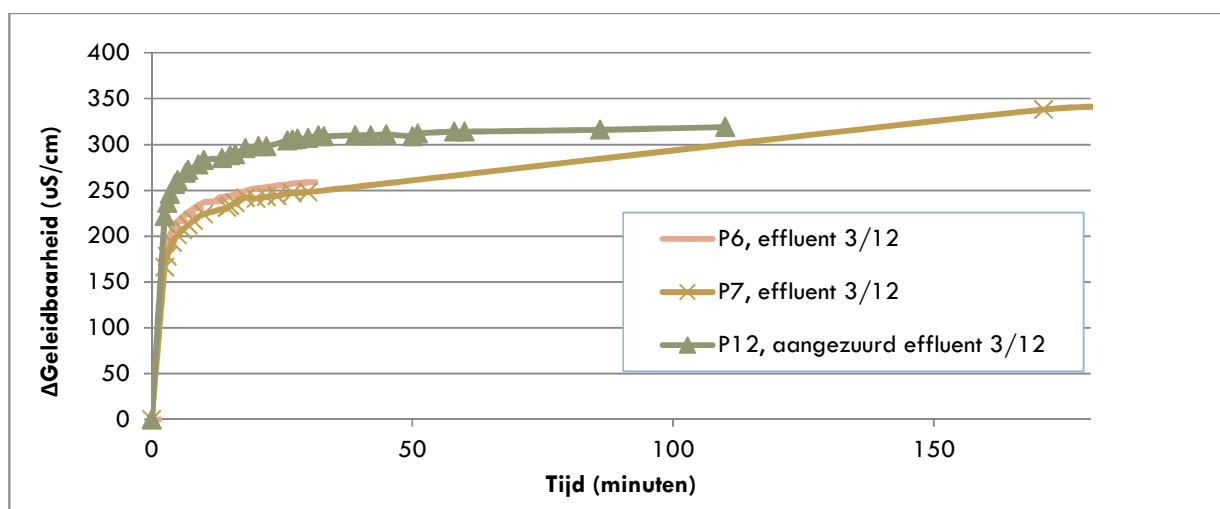
4.2.5 Invloed aanzuren aanmaakwater

In de literatuur (2) wordt gemeld dat aanzuren van het aanmaakwater de hydrolyse van het polymeer kan vertragen en de rijping kan versnellen. Daarom is een proef uitgevoerd (P12) waarbij effluent is aangezuurd met azijnzuur tot een pH van 4,44. Voor het aanzuren was de geleidbaarheid van het effluent 1006 μS/cm en na aanzuren was de geleidbaarheid 1008 μS/cm. Het aanzuren had dus weinig effect op de geleidbaarheid van het watermonster.

Figuur 18 en Figuur 19 laten zien hoe de viscositeit en geleidbaarheid zich ontwikkelden in vergelijking met andere proeven met dezelfde proefcondities. Voor deze proef werd Superfloc C82089 gebruikt bij een concentratie van 0,18%. Voor de menging werd de propeller roerder gebruikt bij toerentallen van 1000 rpm (eerste minuut) en 600 rpm (restant proef).



Figuur 18: invloed aanzuren effluent op ontwikkeling viscositeit (Superfloc C82089)

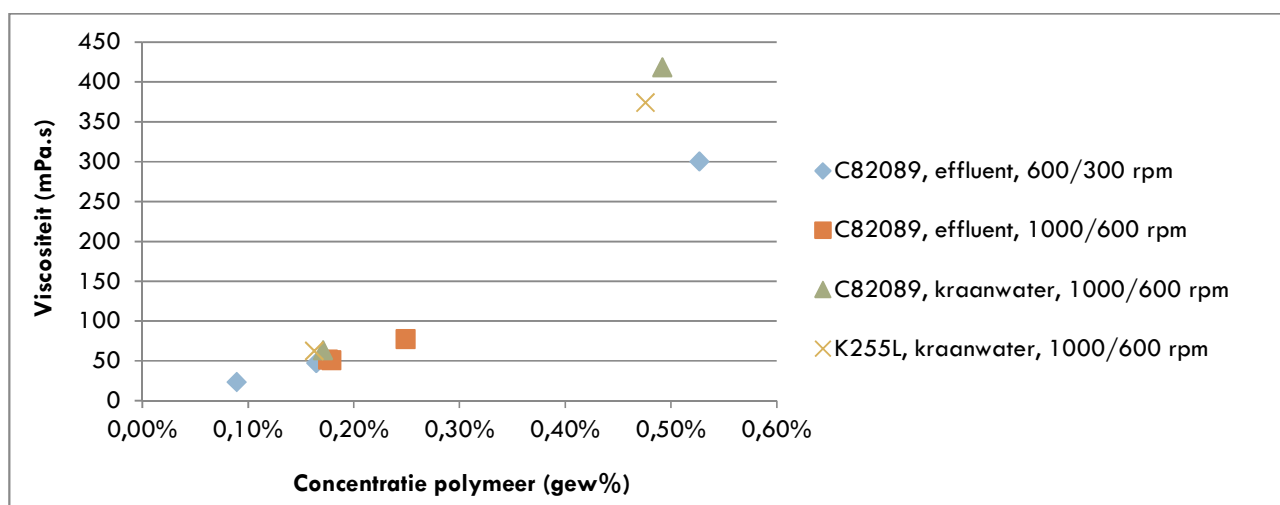


Figuur 19: invloed aanzuren effluent op toename geleidbaarheid (Superfloc C82089)

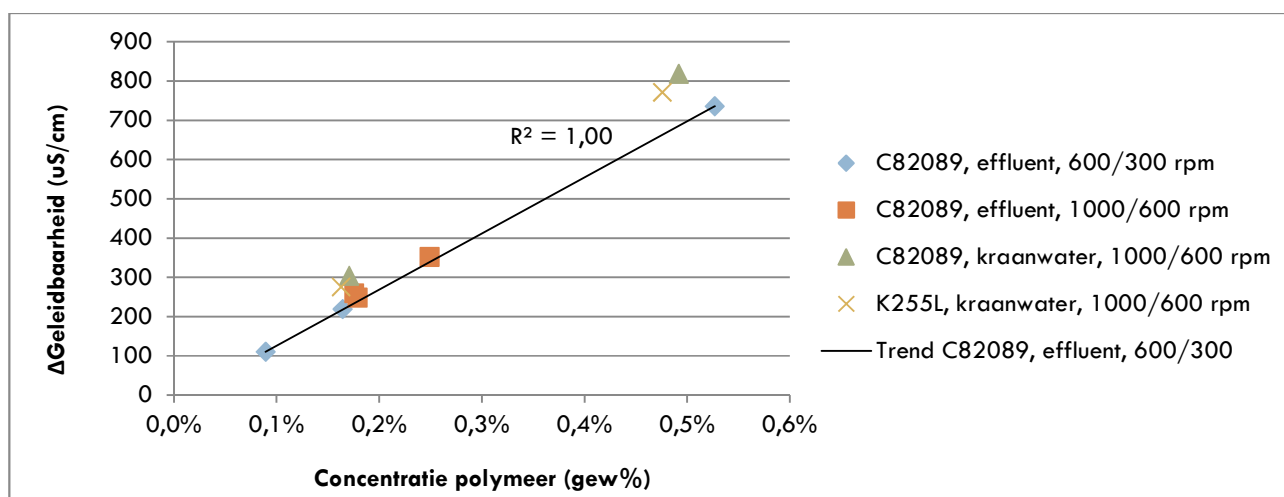
De proef laat zien dat het aanzuren weinig effect heeft op de ontwikkeling van de viscositeit van het aangemaakte polymeer. Wel neemt de geleidbaarheid van het monster veel sneller toe. Dit hoeft echter geen relatie te hebben met de rijping van het polymeer, maar zou ook een pH-effect kunnen zijn.

4.2.6 Invloed concentratie

Figuur 20 en Figuur 21 laten de resultaten zien van proeven waarbij de concentratie van het polymeer is gevarieerd. De meeste resultaten betreffen het polymeer C82089. De resultaten laten een vrij lineair verband zien tussen geleidbaarheid en concentratie. Als de concentratie verdubbelt, verdubbelt ook de toename van de geleidbaarheid. Voor de viscositeit is dit verband minder duidelijk. Bij een geringe toename van de concentratie en bij lage concentraties (bijvoorbeeld van 0,09% naar 0,16%, of van 0,16% naar 0,25%) is de toename van de viscositeit ongeveer recht evenredig met de toename van de concentratie. Bij een grotere toename van de viscositeit (van ca 0,2% naar 0,5%) is de toename van de viscositeit veel groter. In drie gevallen werd bij een toename van de concentratie met een factor 2,9-3 een viscositeit gevonden die 6-6,6 keer groter was dan de viscositeit bij de lage concentratie.



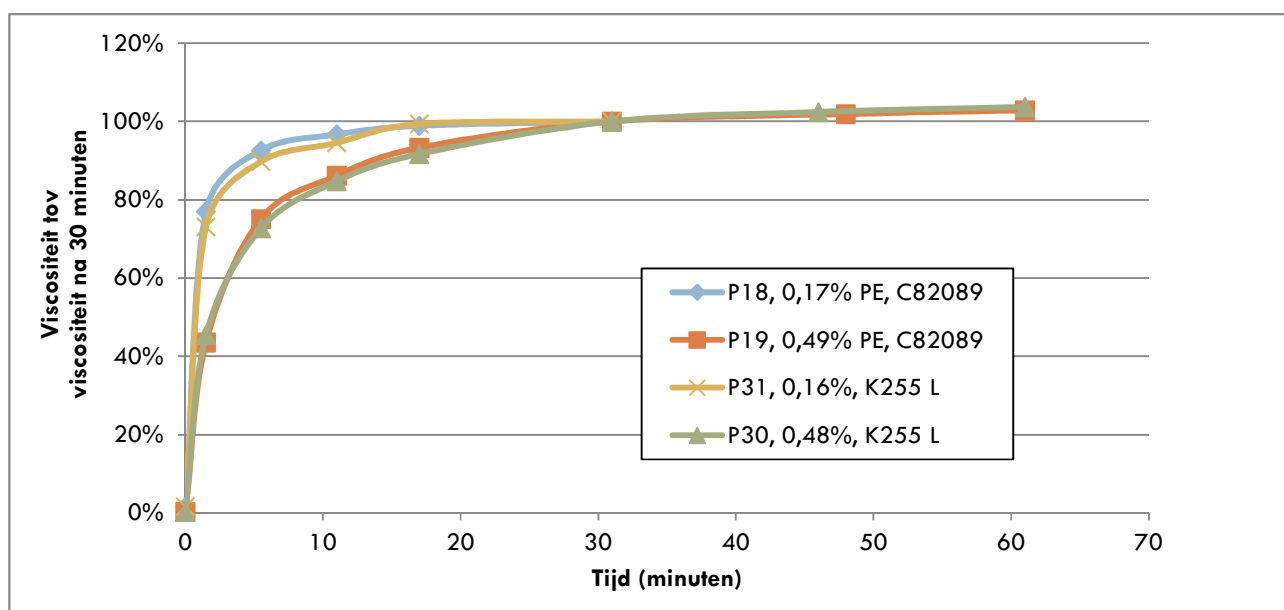
Figuur 20: invloed concentratie op viscositeit aangemaakt polymeer (na 30 minuten)



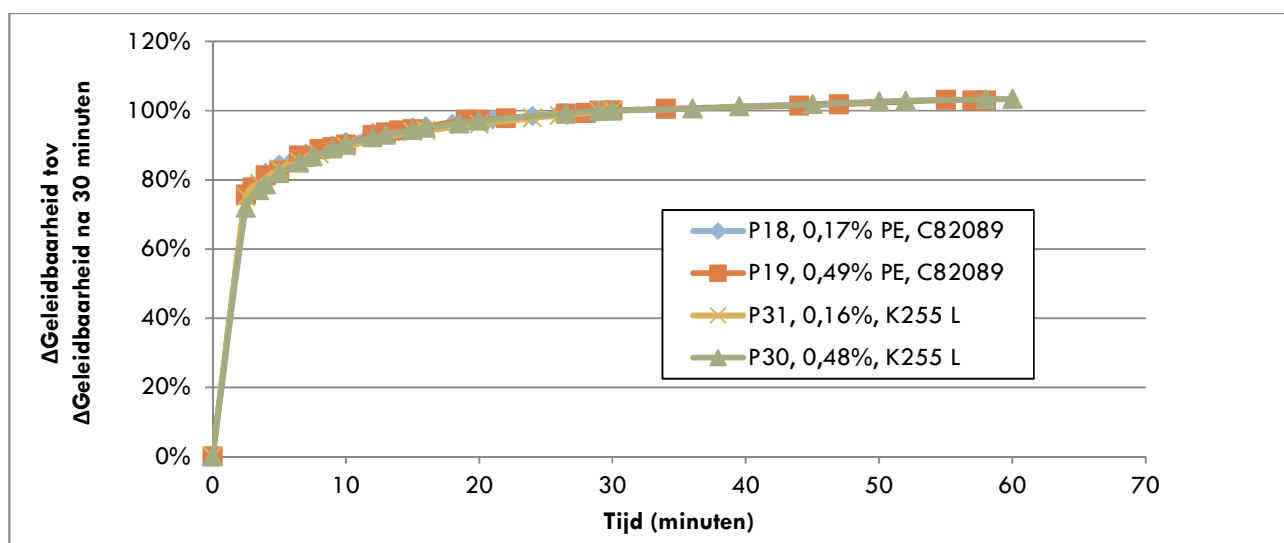
Figuur 21: invloed concentratie op toename geleidbaarheid aangemaakt polymeer (na 30 minuten)

De proeven laten ook zien dat een hogere concentratie zorgt voor een tragere ontwikkeling van de viscositeit tijdens de proef (Figuur 22). Bij de lagere concentratie wordt de maximale viscositeit al na ongeveer 15-20 minuten bereikt, terwijl dit bij de hogere concentratie pas na ongeveer 30 minuten is. Bij de ontwikkeling van de geleidbaarheid lijkt er geen snelheidsverschil te zijn tussen lage en hoge concentraties (Figuur 23). Bij beide concentraties is de maximale geleidbaarheid na ongeveer 20 minuten bereikt.

Bij proeven P30 en P31 werd ook de ladingsdichtheid van het polymeer gemeten. Bij de hogere concentratie (0,49%) bedroeg de ladingsdichtheid van het polymeer 3,9 meq/g actief polymeer. Bij de lagere concentratie (0,16%) was deze ladingsdichtheid 5% hoger: 4,1 meq/g actief polymeer.



Figuur 22: invloed concentratie op ontwikkeling viscositeit

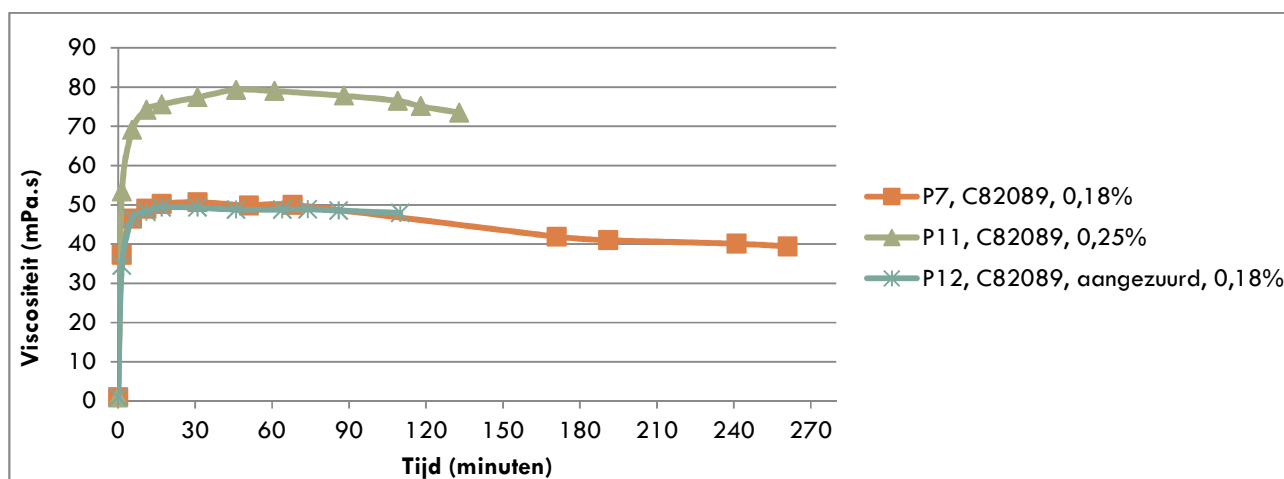


Figuur 23: invloed concentratie op ontwikkeling van de geleidbaarheid

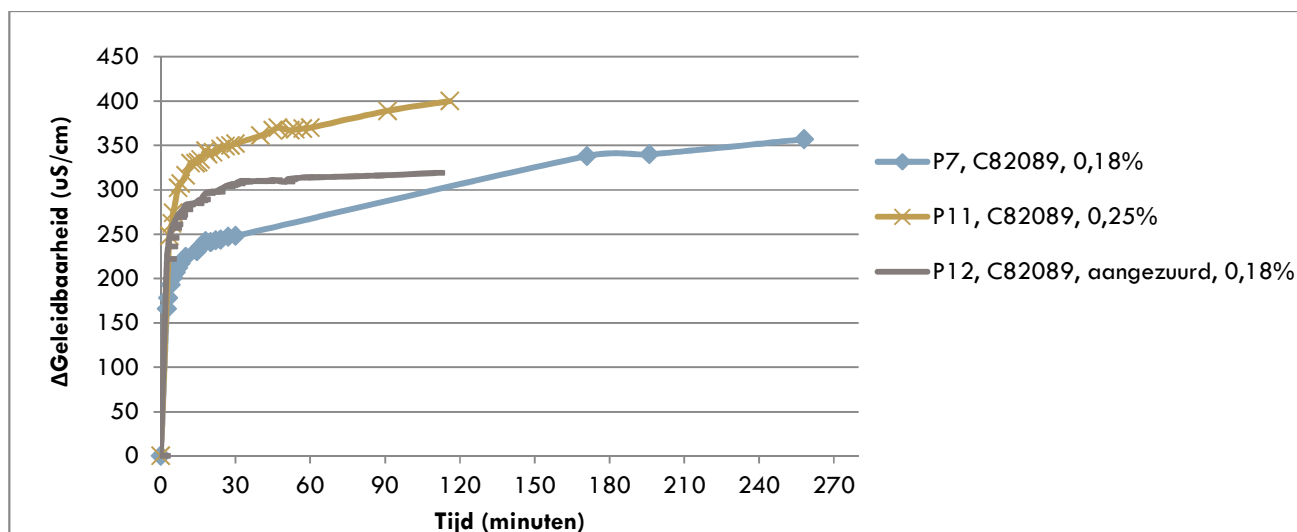
4.2.7 Effect lange rijpingstijd

Veruit de meeste proeven zijn uitgevoerd met een duur van 30 minuten en bij enkele proeven werd de duur verlengd tot 60 minuten. Vrijwel al deze proeven lieten zien dat de grootste toename in de viscositeit of geleidbaarheid plaatsvindt in de eerste 30 minuten. Ook de resultaten voor ladingsdichtheid laten weinig verschil zien tussen de waarden na 30 en 60 minuten.

Bij een drietal proeven is de ontwikkeling van viscositeit en geleidbaarheid van het aangemaakte polymeer langere tijd gevolgd. Om praktische redenen werd het monster dan niet meer geroerd met de bovenroerder. Figuur 24 en Figuur 25 laten zien hoe de viscositeit en geleidbaarheid van deze monsters zich ontwikkelde over langere tijd. Bij langere rijpingstijden kan hydrolyse van het polymeer een aandachtspunt zijn. Omdat hydrolyse langzamer verloopt onder zure condities is bij proef P12 het monster aangezuurd tot pH 4,4 om te onderzoeken of dit verschil maakte in de resultaten.



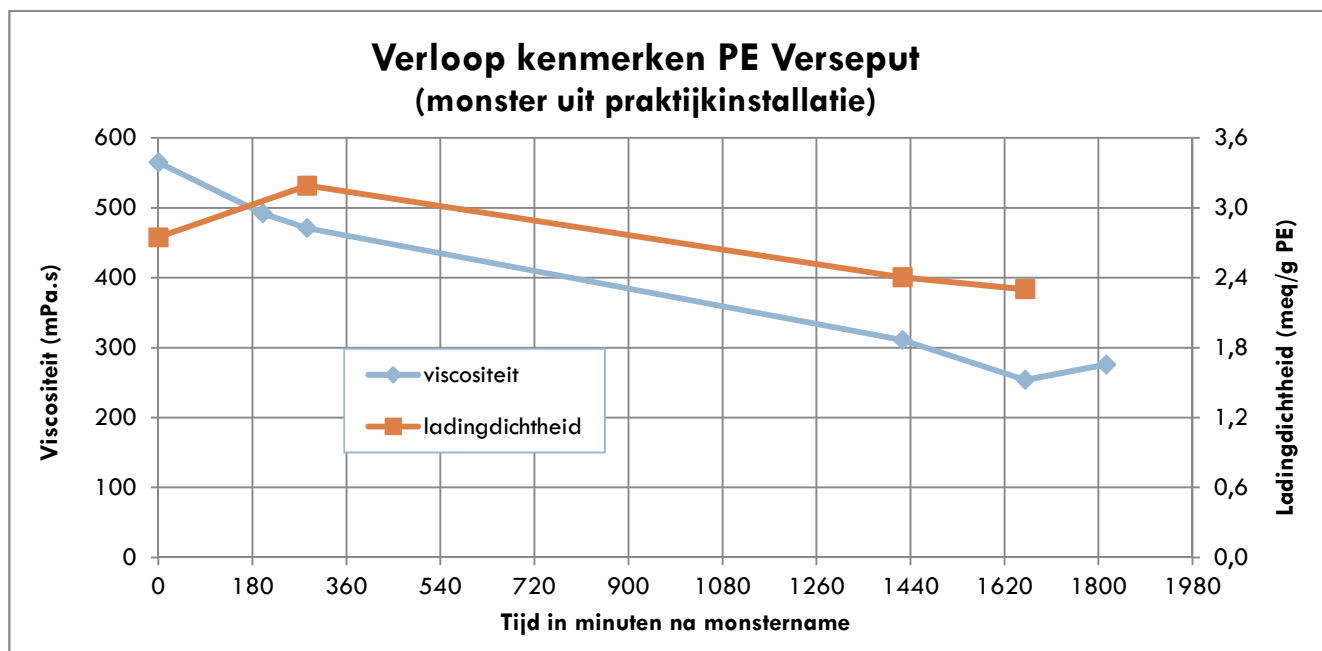
Figuur 24: effect langere rijpingstijden op de viscositeit van het aangemaakte polymeer



Figuur 25: effect langere rijpingstijden op de geleidbaarheid van het aangemaakte polymeer

De resultaten laten zien dat bij deze proeven de viscositeit na ongeveer 1 uur rijping langzaam afnam, terwijl de geleidbaarheid juist na het bereiken van een stabiel plateau weer ging stijgen. Deze toename van de geleidbaarheid werd niet aangetroffen bij het aangezuurde monster.

Ook voor een monster van aangemaakt PE uit de praktijkinstallatie van rwzi De Verseput is de viscositeit en ladingsdichtheid van het polymeer langere tijd gevolgd (Figuur 26). Ook dit monster laat een afname zien van de viscositeit van het monster naarmate het monster ouder wordt. Bij dit monster werd na een aanvankelijke toename ook een duidelijke afname van de ladingsdichtheid van het polymeer gemeten.



Figuur 26: ontwikkeling viscositeit en ladingsdichtheid van een PE monster uit de praktijkinstallatie van De Verseput

4.3 Vergelijking praktijkgegevens met labproeven

4.3.1 Locatie Walcheren

Op de locatie Walcheren wordt het polymeer aangemaakt met effluent tot een concentratie van 0,16%. Op alle meetdagen zijn monsters genomen van het aangemaakte polymeer en zijn deze vergeleken met de resultaten van de labproeven. Tabel 7 geeft een overzicht van de resultaten van de metingen aan het polymeer uit de praktijkinstallatie.

Op 4/12 is naar aanleiding van de proeven geconstateerd dat de flowmeter voor de polymeerdosering een afwijking van het nulpunt had waardoor er 24 l/h aan polymeer gedoseerd werd aan de aanmaakinstallatie in plaats van 14,5 l/h. Deze afwijking verklaart de hogere viscositeit die in de monsters van 3/12 en 4/12 werd gemeten. De eerste meting van de viscositeit van het aangemaakte polymeer van 3/12 laat een viscositeit zien die duidelijk afwijkend is van de andere metingen. De hogere viscositeit van dit monster is met verschillende metingen bevestigd. Mogelijk dat de polymeerconcentratie in dit monster nog hoger was dan bij de andere monsters. Vanwege de afwijkende waarde is dit monster verder buiten beschouwing gelaten bij de analyse van de resultaten.

Tabel 7: Resultaten kwaliteitsmetingen van aangemaakt polymeer uit praktijkinstallatie rwzi Walcheren

Datum en tijd	Polymeer	Concentratie	Viscositeit (mPa.s)	Δ Geleidbaarheid (μ S/cm)	Ladingsdichtheid (meq/g)
3-12-2012 10:28	C82089	0,26%? *	112	304	-
3-12-2012 13:15	C82089	0,26%? *	85	399	-
3-12-2012 14:30	C82089	0,26%? *	80	486	-
4-12-2012 11:30	C82089	0,26% *	85	-	-
5-12-2012 9:50	C82089	0,16%	42	238	-
5-12-2012 11:15	C82089	0,16%	41	210	-
5-12-2012 13:35	C82089	0,16%	40	240	-
21-12-2012 10:00	K255 L	0,16%	45	199	3,8
21-12-2012 13:15	K255 L	0,16%	44	-	-
21-12-2012 15:00	K255 L	0,16%	43	-	4,0

* exacte concentratie onzeker vanwege afwijking in massaflowmeter voor de polymeerdosering.

Tabel 8 vergelijkt de resultaten van de metingen aan het polymeer van de praktijkinstallatie met de resultaten van de labproeven waarvan de condities het beste overeenkomen met de condities van de praktijkinstallatie. Om de vergelijking zo eerlijk mogelijk te maken zijn de resultaten van de labproeven gecorrigeerd voor eventuele afwijkingen tussen de concentratie van de labproef en die in de praktijkinstallatie. Daarbij is aangenomen dat viscositeit, geleidbaarheid en ladingsdichtheid recht evenredig zijn met de concentratie. De resultaten in paragraaf 4.2.6 laten zien dat dit voor geringe concentratieverschillen acceptabel is.

De viscositeit van de lab monsters en de praktijkmonsters komen voor het polymeer C82089 goed met elkaar overeen. Wel blijkt de toename van geleidbaarheid van de praktijkmonsters hoger dan die van de lab monsters. Voor het polymeer K255 L lijkt de rijping bij de labproeven juist beter te verlopen dan de resultaten van de praktijkinstallatie. Dit geldt voor de viscositeit en de geleidbaarheid. Ook de ladingsdichtheid is gemiddeld wat hoger, maar door de spreiding in de resultaten is de significantie niet zeker.

Tabel 8: Resultaten kwaliteitsmetingen van aangemaakt polymeer uit praktijkinstallatie rwzi Walcheren

Datum en tijd	Polymeer	Viscositeit (mPa.s)	Δ Geleidbaarheid (μ S/cm)	Ladingsdichtheid (meq/g)
Vergelijking praktijk en labproeven 3 & 4/12				
Praktijk	C82089	83 $\pm$ 3	443 $\pm$ 62	-
Labproef (P11)	C82089	81	367	-
Vergelijking praktijk en labproeven 5/12				
Praktijk	C82089	41,0 $\pm$ 0,6	229 $\pm$ 17	-
Labproef (P16 & P17)	C82089	38,9 $\pm$ 0,8	148 $\pm$ 3	
Vergelijking praktijk en labproeven 21/12				
Praktijk	K255 L	43,9 $\pm$ 0,9	199	3,87 $\pm$ 0,15
Labproef (P29)	K255 L	47,9	227	4,01

4.3.2 Locatie De Verseput

Op rwzi De Verseput zijn op 17 en 18 december monsters genomen van het aangemaakte polymeer uit de praktijkinstallatie. Op De Verseput wordt het polymeer (Praestol K233 L) aangemaakt met kraanwater bij een concentratie van 0,5%. Tabel 9 geeft een overzicht van de resultaten van deze metingen.

Tabel 9: Resultaten kwaliteitsmetingen van aangemaakt polymeer uit praktijkinstallatie rwzi De Verseput

Datum en tijd	Viscositeit (mPa.s)	Δ Geleidbaarheid (μ S/cm)	Ladingsdichtheid (meq/g)
17-12-2012 10:05	565	908	2,7
17-12-2012 13:50	550	835	3,0
18-12-2012 10:00	519	848	2,5
18-12-2012 13:40	543	828	3,0

De resultaten voor de kwaliteit van het polymeer uit de praktijkinstallatie zijn vergeleken met de resultaten van de labproeven (Tabel 10). De resultaten komen goed overeen. De viscositeit van het praktijkmonster is wat hoger dan de resultaten van de standaard labproef, terwijl de labproef een hogere ladingsdichtheid laat zien en een grotere toename van de geleidbaarheid. Door bij de labproef in de eerste minuut intensiever te mengen kan de viscositeit van het aangemaakte polymeer verhoogd worden tot aan het niveau van de praktijkinstallatie.

Tabel 10: Resultaten kwaliteitsmetingen van aangemaakt polymeer uit praktijkinstallatie rwzi De Verseput

Datum en tijd	Viscositeit (mPa.s)	Δ Geleidbaarheid (μ S/cm)	Ladingsdichtheid (meq/g)
Praktijk	544 $\pm$ 19	837 $\pm$ 36	2,8 $\pm$ 0,2
Labproef (P23, P24, P25)	483 $\pm$ 6	860 $\pm$ 19	3,03 $\pm$ 0,06
<i>Andere proeven</i>			
P23 na 60 minuten	477	862	3,10
P27 met intensievere menging eerste minuut (1400 rpm)	524	882	2,95
P28 als P27 met dispergeer roerder	542	838	2,96

4.4 Polymeer in filtraat

4.4.1 Inleiding

De streaming potential en de ladingsdichtheid van het filtraat kunnen inzicht verschaffen in onder- of overdosering van het polymeer. Als er sprake is van een overdosering van (kationisch) polymeer zal de metingen een positieve lading aantonen in het filtraat. Bij een onderdosering zal de lading juist negatief zijn.

De metingen van het filtraat zijn vooral uitgevoerd om een eerste indruk te krijgen van de mogelijkheden van een dergelijke meting. De metingen waren oorspronkelijk niet aangeboden, maar omdat de ladingmeter toch beschikbaar was is deze ook gebruikt voor metingen aan het filtraat.

4.4.2 Locatie Walcheren

Tabel 11 geeft een overzicht van de resultaten van de metingen aan het filtraat van de zeefbandpers op Walcheren op 21/12. De eerste meting op die dag liet een negatieve potentiaal en ladingsdichtheid zien. Het monster had bovendien een zwart uiterlijk. Deze gegevens laten zien dat er sprake was van een onderdosering van polymeer op die dag. De operator van de slibontwatering bevestigde ook dat de ontwatering van het slib niet goed functioneerde. Naar zijn gevoel was de polymeerdosering al hoog in vergelijking met de normale dosering. Naar aanleiding van de meting is daarna de polymeerdosering verhoogd. De daaropvolgende metingen laten echter zien dat er ook daarna nog steeds sprake was van een onderdosering.

Tabel 11: Resultaten ladingsmetingen filtraat bandfilterpers rwzi Walcheren

Datum en tijd	Streaming potential (mV)	Ladingsdichtheid (meq/l)	Opmerking
21-12-2012 10:00	-149	-0,54	Na meting is PE-dosering verhoogd van 10,5 naar 12 g PE/kg ds
21-12-2012 11:30	-176	-0,46	Na meting is het debiet van de slibvoeding naar de zeefband verlaagd van 14 naar 12 m3/h
21-12-2012 15:00	-197	-0,36	

4.4.3 Locatie De Verseput

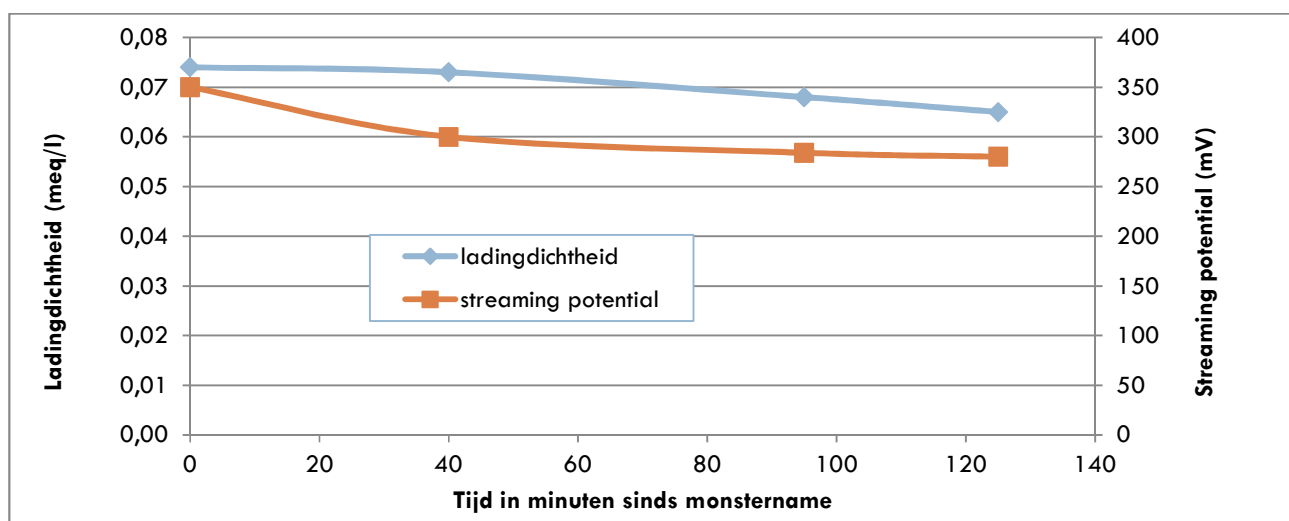
Tabel 12 geeft een overzicht van de resultaten van de metingen aan het filtraat van de zeefbandpers op De Verseput op 17 en 18/12. Na de proeven is duidelijk geworden dat de monsternamen van het filtraat op deze locatie niet op de juiste plek gebeurde en ook niet tijdens de proeven. De onderzochte monsters blijken een recirculatiestroom van het filtraat te betreffen en niet het verse filtraat van de bandfilter. Hierdoor is de interpretatie van de resultaten moeilijk.

De metingen op de eerste dag lieten een positieve potentiaal en ladingsdichtheid zien. Het monster was ook wittig van kleur. Deze gegevens laten zien dat er sprake was ongeneutraliseerd polymeer in de monsters. Dit kan wijzen op een overdosering van polymeer op deze locatie, maar omdat het monster een recirculatiestroom betreft kan dit niet met zekerheid geconcludeerd worden. Het meetresultaat kwam wel overeen met het gevoel van de operator van de slibontwatering. Naar aanleiding van de meetresultaten is op 18/12 besloten om de PE-dosering te verlagen. De meting na deze verlaging liet nog steeds een overdosering van polymeer zien. Deze lagere dosering is vervolgens aangehouden tot het eind van de week. Op 21/12 is een weer een monster genomen en dit monster liet ook nog steeds een overdosering zien die zelfs iets was toegenomen ten opzichte van 18/12. Het monster van 21/12 is geanalyseerd op de rwzi Walcheren en daardoor vond de analyse ongeveer een half uur na monsternamen plaats.

Tabel 12: Resultaten ladingsmetingen filtraat bandfilterpers rwzi De Verseput

Datum en tijd	Streaming potential (mV)	Ladingsdichtheid (meq/l)	Opmerking
17-12-2012 10:05	449	0,124	
17-12-2012 13:50	407	0,129	
18-12-2012 11:00	350	0,074	PE dosering is op 18/12 11:20 uur verlaagd van 8,5 naar 7,5 kg PE/kg ds
18-12-2012 16:20	374	0,087	
21-12-2012 9:30	460	0,131	

Om meer inzicht te krijgen in de invloed van de snelheid van meting is de ontwikkeling van de ladingsdichtheid van het monster van 18/12 11:00 uur enige tijd gevolgd (Figuur 27). De figuur laat zien dat de lading van het monster in de loop van de tijd afneemt en dat er na 2 uur nog maar 80-90% van de oorspronkelijke lading over is. Deze afname van de lading is waarschijnlijk het gevolg van hydrolyse van het polymeer.



Figuur 27: ontwikkeling streaming potential en ladingsdichtheid van een filtraatmonster van 18/12 11:00 uur als functie van de tijd

5 DISCUSSIE

5.1 Invloeden op rijping polymeer

Bij het uitvoeren van de labproeven is veel tijd besteed aan het onderzoeken van de verschillende invloeden op de rijping van de polymeer. Deze proeven hebben daardoor ook inzicht verschaft in de parameters die van belang zijn bij de rijping van het polymeer. Vooral de manier van menging en de waterkwaliteit bleken van invloed op de rijping van het polymeer.

5.1.1 Menging van polymeer en water

De proeven laten zien dat de manier van menging een grote invloed heeft op de rijping van het polymeer. Daarbij heeft de menging in de eerste minuut de grootste invloed. Als deze menging in de eerste minuut onvoldoende is, kan dit niet goed worden gemaakt door een intensievere menging in de daaropvolgende periode. Verschillende proeven toonden aan dat door verhoging van het toerental in de eerste minuut een duidelijk hogere viscositeit en toename van de geleidbaarheid werd gemeten. De intensieve menging in de eerste minuut is nodig om de emulsie in de oorspronkelijke polymeer oplossing te breken en er zo voor te zorgen dat het polymeer goed in contact komt met de water fase. Als de menging in dit stadium onvoldoende is zorgt dit er mogelijk voor dat het polymeer samenklontert en daardoor niet meer beschikbaar is. Bij enkele proeven met een slechte menging in de eerste minuut is waargenomen dat polymeerklonten zich verzamelden op de bodem van het bekglas. Bij hogere toerentallen was dergelijke klontering niet meer te zien, maar mogelijk vindt dit nog wel op microscopisch schaal plaats.

Na de intensieve menging in de eerste minuut neemt de geleidbaarheid en viscositeit van de oplossing nog enige tijd toe. De mate van menging lijkt dan niet zo veel meer van invloed, hoewel hiervoor minder data beschikbaar zijn. Een vergelijking tussen proef 26 en 27 laat zien dat een te hoog toerental in deze periode juist een negatief effect had op de ontwikkeling van de viscositeit van de polymeeroplossing. Proef 27 liet zien dat een verhoging van het toerental van 1000 naar 1400 rpm in de eerste minuut een positief effect had. Gedurende de resterende proef werd het toerental gehandhaafd op 600 rpm. Bij proef 26 werd het hoge toerental van 1400 rpm gedurende de hele proef gehandhaafd. Dit had als effect dat de viscositeit na een aanvankelijke stijging weer begon te dalen. De geleidbaarheid bleef juist toenemen, evenals de ladingsdichtheid van de oplossing. Mogelijk wijst dit er op dat het polymeer beschadigd raakt door de intensieve menging en de geladen groepen verliest die aan het polymeer vast zitten.

Bij de proeven werden twee verschillende roerders getest. De eerste roerder was een eenvoudige vierbladige propeller roerder. Volgens het datasheet van de roerder zorgt deze roerder voor een axiale doorstroming met lokale afschuifkrachten en is deze geschikt voor toerentallen tot 2000 rpm. De tweede roerder was een roerder die speciaal ontworpen is voor het oplossen van materialen in water. Deze roerder is geschikt voor toerentallen tot 2000 rpm en zorgt voor een radiale flow bij hoge turbulentie en afschuifkrachten. Beide roerders mengen dus op een geheel andere wijze. De diameter van de propeller roerder was 5 cm en dit geeft een tipsnelheid van 2,6 m/s bij 1000 rpm en 3,6 m/s bij 1400 rpm. De axiale roerder had een diameter van 4,2 cm en dit geeft een tipsnelheid van 2,2 m/s bij 1000 rpm en 2,6 m/s bij 1200 rpm. In een datasheet van de leverancier van Praestol wordt gesteld dat de tipsnelheid niet groter moet zijn dan 10 m/s omdat er anders te grote afschuifkrachten ontstaan die het polymeer kunnen beschadigen. Bij alle proeven lag de snelheid van de roerder hier dus duidelijk onder.

Bij enkele proeven geeft de propeller roerder iets betere resultaten. Daarbij bewerkstelligt de roerder vooral dat de rijping sneller plaatsvindt. Uiteindelijk werd met beide type roerders na 30 minuten ongeveer hetzelfde eindresultaat bereikt. Vanwege de iets snellere ontwikkeling van de rijping bij de propeller is deze roerder bij de meeste proeven gebruikt.

Bij de oriënterende proeven werd een roervlo gebruikt voor de menging van het polymeer. Bij een roervlo is de menging minder goed gedefinieerd omdat het exacte toerental bepaald wordt door de viscositeit. De rijping bleek duidelijk minder snel te verlopen dan wanneer de oplossing geroerd werd met de bovenroerder. Bij eerdere proeven in het kader van het STOWA onderzoek (1) werd juist een snellere rijping geconstateerd met de roervlo in vergelijking met de bovenroerder. Bij die proeven werd een vrij kleine bovenroerder gebruikt met lage afschuifkrachten (turbine roerder, R1311, diameter 3 mm) die zichtbaar niet alle polymeer in beweging kon houden. De roerders die voor dit onderzoek geselecteerd waren presteerden dus duidelijk beter.

5.1.2 Invloed waterkwaliteit

De proeven beschreven in paragraaf 4.2.4 laten zien dat de waterkwaliteit een grote invloed heeft op de rijping van het polymeer. Door gebruik van kraanwater in plaats van effluent werd onder dezelfde condities een viscositeit gekregen die 21 tot 24% hoger is. Ook werd een grotere toename van de geleidbaarheid gemeten van 15-17%. De waterkwaliteit had geen invloed op de ladingsdichtheid. Voor de bepaling van de ladingsdichtheid moest het monster een factor 100 verdund worden en hiervoor werd bij beide bepalingen leidingwater gebruikt. Mogelijk dat hierdoor een eventuele invloed van het gebruik van effluent gemaskeerd werd.

De proeven lieten ook groot verschil zien in de rijping van het polymeer bij gebruik van effluent van verschillende dagen. Op 5 december lieten de labproeven een duidelijk mindere toename zien van de viscositeit (-25%) en geleidbaarheid (-42%) dan eerder werd gemeten met het effluent van 3 december. Opvallend was dat de geleidbaarheid van het effluent op 5 december fors hoger was dan op 3 december (1909 vs 976 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

De betere resultaten van het kraanwater kunnen verschillende oorzaken hebben. De aanwezigheid van zwevende delen in het effluent kan een deel van het hogere verbruik verklaren. Het effluent wordt weliswaar gefiltreerd, maar de monsters vertoonden toch nog wel zwevende delen. Bij toevoeging van polymeer aan dit water zal een deel van het polymeer verloren raken door binding aan deze zwevende delen. Bij de proeven is steeds gebruik van bezonken water zodat deze invloed zo klein mogelijk is.

Verschillen in zoutconcentraties vormen waarschijnlijk een groter deel van de verklaring voor het verschil tussen de proeven. De geleidbaarheid van het kraanwater was lager dan die van het effluent van 3/12 en dit effluent had weer een lagere geleidbaarheid dan het effluent van 5/12. In de literatuur (3) wordt in algemene zin vermeldt dat een hogere geleidbaarheid van het slib de werking van het polymeer vermindert en daardoor een negatief effect heeft op de ontwaterbaarheid van het slib. De resultaten van deze proeven bevestigen dit beeld en laten zien dat een verminderde rijping van het polymeer hierbij een rol kan spelen.

5.1.3 Invloed polymeerconcentratie

Enkele proeven zijn bij verschillende concentraties uitgevoerd, waardoor ook de invloed van de polymeerconcentratie op de rijping kon worden onderzocht. Logischerwijs is de viscositeit en de geleidbaarheid van de oplossing lager als de concentratie lager is. De geleidbaarheid bleek recht evenredig met de concentratie van de oplossing. Voor de viscositeit blijkt er bij grotere concentratie verschillen sprake te zijn van een niet lineair verband met de concentratie. Zo bleek de viscositeit meer dan 6 keer groter te worden als de concentratie met een factor 3 toenam. Dit gedrag is kenmerkend voor polymeren en bovendien is ook de viscositeitsmeting zelf afhankelijk van de gehanteerde afschuifspanning tijdens de proef die weer afhankelijk is

van de viscositeit. Uit de relatief hogere viscositeit bij hogere concentraties kan daarom niet geconcludeerd worden dat het polymeer beter rijpt bij hogere concentraties.

De proeven laten wel zien dat de rijping van het polymeer langzamer verloopt bij hogere concentraties. Bij de proeven met lage concentraties (0,16%) werd al na 15-20 minuten de maximale viscositeit bereikt, terwijl dit bij een hogere concentratie van 0,49% pas na 30 minuten bereikt werd. Voor de geleidbaarheid werd er geen verschil in ontwikkeling geconstateerd voor verschillende concentraties.

Bij het polymeer Praestol K255 L werd ook de ladingsdichtheid bepaald bij twee verschillende concentraties. Bij een concentratie van 0,49% bleek de ladingsdichtheid 5% lager dan bij een concentratie van 0,19%. In het algemeen werd een meetvariatie van 2% aangetroffen (zie ook 4.2.1), zodat deze lagere ladingsdichtheid net significant kan zijn.

5.1.4 Invloed hydrolyse van het polymeer

Het Duitse Merkblatt M 3350 over de aanmaak van polymeer (4) vermeldt dat een eenmaal aangemaakte polymeeroplossing binnen 4 uur gebruikt moet worden omdat het product na langere tijd niet meer zo werkzaam is als ervoor. Ook Belgisch onderzoek (5) laat zien dat veel polymeren na 1 dag soms wel tot 50% van hun lading kunnen verliezen door hydrolyse van het polymeer. Volgens dit onderzoek kan aanzuren van de polymeeroplossing deze hydrolyse voorkomen. Bovendien zou aanzuren de rijping van het polymeer versnellen. Om deze laatste veronderstelling te testen is een proef (P12) uitgevoerd waarbij het polymeer is aangemaakt met effluent dat met azijnzuur was aangezuurd tot pH 4,4. Deze proef liet geen significant verschil zien in de ontwikkeling van de viscositeit van het aangemaakte polymeer in vergelijking met een proef waarbij normaal effluent werd ingezet. De geleidbaarheid van het aangezuurde monster nam wel sneller toe. Het is echter onzeker of dit iets zegt over een betere kwaliteit van het polymeer. De lagere pH en de buffercapaciteit van het azijnzuur kunnen een invloed hebben op deze geleidbaarheid. De proef had een maximale duur van 2 uur en daardoor kan de proef geen informatie geven over het effect op de langere termijn. Normaal gesproken zal de verblijftijd van het polymeer in de aanmaakinstallatie niet langer zijn dan 2 uur. Bij weinig afname van polymeer zou de verblijftijd wel langer kunnen worden.

De meeste labproeven duurden maximaal 30-60 minuten omdat dan in de meeste gevallen weinig ontwikkeling van de viscositeit of geleidbaarheid meer was te zien. Om praktische reden zijn deze proeven daarom niet langer doorgezet. Van een aantal monsters is de ontwikkeling van de viscositeit en geleidbaarheid gedurende langere tijd gevolgd (P7: 2 uur, P11: 4 uur). Beide proeven lieten zien dat de viscositeit na ongeveer 1 uur weer langzaam begon af te nemen, terwijl de geleidbaarheid dan juist weer langzaam begon te stijgen. Deze afname van de viscositeit van het monster werd ook geconstateerd bij een monster van aangemaakt polymeer uit de praktijkinstallatie van De Verseput. Dit monster werd gedurende meer dan 27 uur gevolgd. Na deze periode was de viscositeit 50% lager dan het verse monster. De ladingsdichtheid van hetzelfde monster bleef aanvankelijk toenemen, maar was na 27 uur 17% lager dan in het verse monster. De combinatie van een lagere viscositeit en een hogere ladingsdichtheid werd ook geconstateerd in proef P26 in vergelijking met proef P27. Bij proef P26 werd zeer intensief geroerd gedurende de rijping van het polymeer (1400 rpm) en in vergelijking met proef P26 zorgde dit voor een afname van de viscositeit, terwijl de ladingsdichtheid na 30 minuten juist hoger uitviel. Mogelijk zorgt de hydrolyse van het polymeer eerst voor een toename van de ladingsdichtheid (en geleidbaarheid) van het monster doordat de geladen delen van het polymeer loslaten van de kern van het polymeer. Hierdoor verliest het polymeer een deel van zijn structuur en daardoor neemt de viscositeit af. Na verloop van tijd breken deze delen verder af en wordt juist een lagere ladingsdichtheid gemeten.

De proeven laten zien dat na ongeveer 1 uur de maximale rijping van het polymeer wordt bereikt. Na deze periode begint het polymeer in kwaliteit af te nemen. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de eerder vermelde literatuur.

5.2 Werking aanmaak praktijkinstallatie

Paragraaf 4.3 vergelijkt de resultaten van de labproeven met de kwaliteit van het aangemaakte polymeer uit de praktijkinstallatie. Deze vergelijking laat zien dat de kwaliteit van het polymeer en de labproeven goed met elkaar overeenkomen. Alleen voor rwzi Walcheren bleek bij het gebruik van het polymeer K 255 L de prestatie van de praktijkinstallatie minder goed dan de prestatie van de labproeven. Normaal gesproken wordt dit polymeer niet ingezet op deze locatie. Op het moment van de proeven was dit polymeer alleen tijdelijk in gebruik vanwege testen in verband met de aanbesteding van het polymeer.

De mengomstandigheden in de praktijkinstallaties en de labproeven waren om praktische redenen niet helemaal gelijk. Op rwzi De Verseput wordt het polymeer met een hoog vermogen en hoge roersnelheid opgemengd. De tipsnelheid van de roerder is daarbij hoger dan de maximale roersnelheid van 10 m/s die door de leverancier van Praestol wordt aanbevolen. Bij de locatie Walcheren is de roersnelheid in het eerste compartiment duidelijk lager en wordt ook minder energie per volume eenheid ingebracht. Bij de labproeven is de roersnelheid nog lager dan in de praktijkinstallaties. Het ingebrachte vermogen bij de labproeven is niet goed bekend omdat de bovenroerder een heel groot vermogensbereik heeft. Daarom is het ingebrachte vermogen zo goed mogelijk ingeschat met behulp van kentallen voor roerders uit Perry's (6). Deze schatting laat zien dat het ingebrachte vermogen tijdens de proeven redelijk overeenkomt met het ingebrachte vermogen van de praktijkinstallatie.

Tabel 13: vergelijking roeromstandigheden praktijkinstallatie en labproef.

	Walcheren	Verseput **	Lab (prop, 1000/600)
Eerste rijping			
• Tipsnelheid roerder (m/s)	4,7	14	2,6
• Volumetrisch vermogen (kW/m ³)	Max 1,2	30	Ca. 2-4*
• Duur (minuten)	40	2,6	1
Narijping			
• Tipsnelheid roerder (m/s)	4,7	1,1	1,6
• Volumetrisch vermogen (kW/m ³)	0,6	0,7 ***	Ca 0,5-1,5*
• Duur (minuten)	80	> 7 uur	29

* afgeschat op basis van toerental, viscositeit en roerderdiameter (Perry's).

** Het eerste compartiment bevat een klein subcompartiment waar polymeer en water zeer intensief worden gemengd.

*** kental voor eerste en tweede compartiment. Het derde compartiment wordt niet geroerd.

In het recent verschenen Merkblat DWA 350 (4) wordt gesteld dat de eerste aanmaak van het polymeer moet gebeuren met een vermogen van 1 kW/m³ bij een concentratie van 0,2%, een rond vat en een gunstige verhouding van lengte en diameter heeft ($0,8 < H/D < 1,2$). Bij hogere concentraties en rechthoekige vaten moet het vermogen wat hoger liggen. Voor een viscositeit tot 800 mPa.s wordt in dit Merkblatt een axiale propeller roerder aanbevolen met een diameter tot 30 cm en een toerental van 300-1000 rpm. Dit geeft een maximale tipsnelheid van 15 m/s.

Op basis van de uitgevoerde proeven kan geconcludeerd worden dat de praktijkinstallaties het polymeer goed mengen en dat de prestatie voldoende is. In vergelijking tot de kentallen uit de literatuur is de menging in het eerste compartiment van de aanmaakinstallatie van de rwzi Walcheren juist voldoende en misschien soms wat

aan de krappe kant. Op de rwzi De Verseput is de eerste menging juist heel intensief, mogelijk meer dan nodig is.

5.3 Polymeer in filtraat

Om een beeld te krijgen van een mogelijke onder- of overdosering van polymeer is op beide locaties de ladingsdichtheid van het filtraat van de zeefbandpers gemeten. Door diverse omstandigheden is de interpretatie van de proeven moeilijk. Achteraf bleek dat op rwzi De Verseput al enige tijd een verkeerd monstername punt in gebruik was van het filtraat. Hierdoor zijn de bepalingen uitgevoerd op een interne recirculatiestroom van de bandfilter. Op rwzi Walcheren werd vanwege een aanbestedingsprocedure een ander polymeer gebruikt dan normaal.

De resultaten van de metingen op de rwzi Walcheren wezen op een onderdosering van polymeer en op de rwzi De Verseput op een overdosering. Bij beide locaties kwam het resultaat van de meting overeen met het gevoel van de operator en werd de polymeerdosering aangepast om de onder- of overdosering terug te brengen. Zo werd op rwzi De Verseput de dosering met 8% verlaagd, en bij rwzi Walcheren met 14% verhoogd. Deze verandering van de dosering hadden nauwelijks effect op lading van het filtraat. Voor de Verseput is dit te verklaren vanwege het verkeerde monstername punt. Voor de rwzi Walcheren kon het effect maar kortdurend worden gevolgd.

5.4 Vergelijking polymeren

Doordat de proeven met verschillende polymeren zijn uitgevoerd onder gelijke omstandigheden kan een indruk verkregen worden van de verschillen tussen de polymeersoorten. Tabel 14 geeft een overzicht van de eigenschappen van de aangemaakte oplossing na 30 minuten rijping voor vier polymeren. De proeven zijn steeds uitgevoerd met kraanwater (van rwzi Walcheren) als verdunningswater en met gebruik van een propeller roerder met een toerental van 1000 rpm in de eerste minuut en 600 rpm gedurende de resterende proef. Alle proeven zijn uitgevoerd bij een polymeerconcentratie van ongeveer 0,49%. Om eventuele concentratieverschillen zo veel mogelijk te beperken zijn de meetwaarden steeds teruggerekend naar een concentratie van 0,49%, onder aanname van een lineair verband tussen concentratie en meetwaarde. De grootste correctie vond plaats voor het polymeer Kemira C1598: de concentratie bij de proef was 0,43%. Bij de andere drie polymeren varieerde de concentratie tussen 0,476% en 0,492%.

Tabel 14: Vergelijking kenmerken verschillende polymeren (na 30 minuten, kraanwater Walcheren, 0,49%, labproef met propeller en 1000/600 rpm)

Polymeer	Viscositeit (mPa.s)	Δ Geleidbaarheid (μ S/cm)	Ladingsdichtheid (meq/g)
Ashland Praestol K255 L	385	794	4,0
Ashland Praestol K233 L	548	894	3,0
Kemira Superfloc C82089	416*	815	(3,6)**
Kemira C1598	352	916	6,4

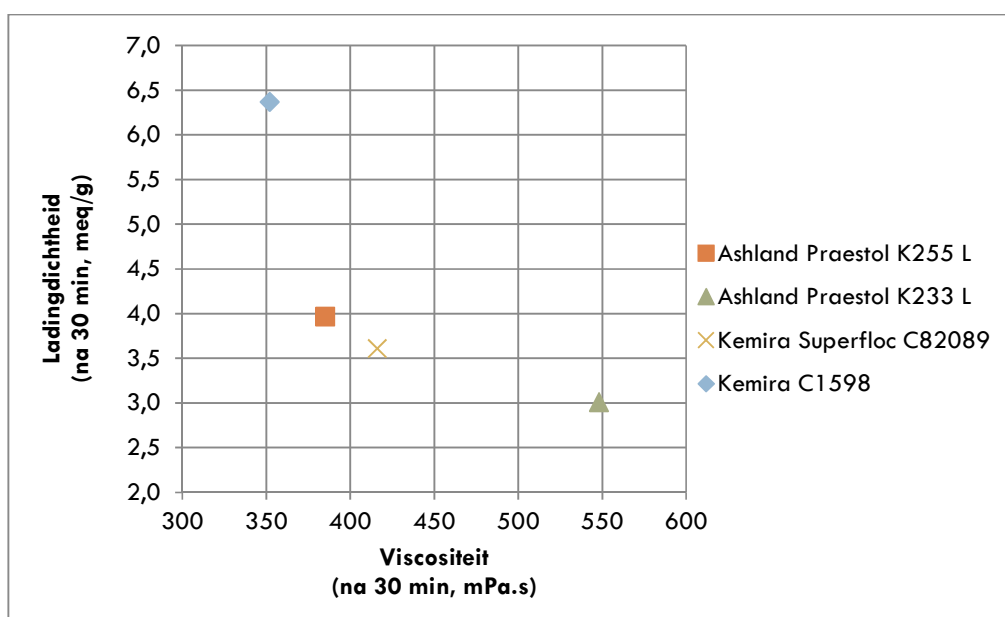
* Indicatief, gebaseerd op proef met kraanwater uit Breda ipv Walcheren.

** Indicatief, gebaseerd op proef P19 met roervlo als roerder en kraanwater Breda.

Voor Kemira Superfloc C82089 is geen goede vergelijkingsproef beschikbaar. Deze proef was ingepland en uitgevoerd voor 21 december, maar achteraf bleek uit informatie van het waterschap dat die dag Praestol K255L in de installatie werd gebruikt. Om toch een indicatie te hebben voor de eigenschappen van dit polymeer zijn in de tabel getallen opgenomen van een proef die in Breda werd uitgevoerd met behulp van een roervlo en

kraanwater uit Breda. Deze waarden zijn aan de lage kant omdat een bovenroerder zorgt voor een betere rijping.

De resultaten in de tabel zijn in Figuur 28 grafisch weergegeven. De tabel en de figuur laten zien dat de verschillende polymeren duidelijk verschillende eigenschappen hebben. Zo laten de proeven zien dat het polymeer Kemira C1598 (in gebruik op rwzi Willem Anna Polder) een erg hoge ladingsdichtheid heeft, maar juist een minder viskeuze oplossing geeft. Dit wijst er op dat het polymeer gemiddeld een kleinere molecuulgrootte heeft dan de andere polymeren. De polymeren Kemira Superfloc C82089 en Ashland Praestol K255 L nemen een middenpositie in qua ladingsdichtheid en polymeergrootte. Het polymeer Ashland Praestol K233 L geeft juist een hele grote viscositeit bij een lagere ladingsdichtheid. Dit polymeer zal zijn werking dus vooral moeten hebben van de molecuulgrootte. Deze resultaten laten zien dat er duidelijk onderscheid is te maken tussen de verschillende polymeersoorten. Dit maakt het mogelijk om de polymeren te karakteriseren aan de hand van ladingsdichtheid en viscositeit.



Figuur 28: Ladingsdichtheid en viscositeit voor enkele polymeren (in kraanwater, 0,49%)

In de literatuur (2) (4) wordt beschreven dat polymeren met een hoog molecuulgewicht goed zijn in het vormen van bruggen tussen vlokken. Deze brugvorming zorgt er voor dat er snelle vlokvorming plaatsvindt en dat daardoor vrij snel veel vrij water kan worden verwijderd. Hierdoor hebben deze polymeren gemiddeld een laag polymeerverbruik. Polymeren met een hoge ladingsdichtheid en een kleinere molecuulgrootte vergen vaak een hogere dosering, maar met deze polymeren kan wel een drogere slibkoek worden verkregen. Dit komt doordat deze polymeren de lading in de vlok geheel neutraliseren, waardoor in de expressiefase het water makkelijker uit het slib kan worden gedreven.

5.5 Verbetermogelijkheden

5.5.1 Kwaliteitscontrole polymeer aanmaak

Een continue meting van de viscositeit van het aangemaakte polymeer lijkt een interessante parameter voor het volgen van de kwaliteit van de polymeeraanmaak. De parameter geeft meer informatie dan de geleidbaarheid en is betrouwbaarder doordat de viscositeit onafhankelijk is van de geleidbaarheid van het aanmaakwater.

Een afwijking van de viscositeit kan wijzen op afwijkende omstandigheden waar in de bedrijfsvoering rekening mee moet worden gehouden. Een toename van de viscositeit kan er bijvoorbeeld op wijzen dat de concentratie van het polymeer hoger is dan verwacht. Een dergelijke situatie werd ook aangetoond bij de proeven op de rwzi Walcheren. Een afname van de viscositeit kan meerdere oorzaken hebben:

- De doseerverhouding van polymeer & water wijkt af van de instelling;
- De rijpingstijd in de polymeer aanmaak is te laag of juist te lang geworden;
- De kwaliteit van het aanmaakwater is slechter geworden
- Het ingekochte polymeer is van slechte kwaliteit.

Een aanvullende laboratoriumproef kan dan helpen om meer duidelijkheid te krijgen over de oorzaak van de verandering. Daarbij is het wel belangrijk dat er een referentie is om op terug te vallen.

De proeven laten zien dat viscositeit een betere maat is voor de rijping dan de geleidbaarheid. De meting van de geleidbaarheid bleek gevoeliger voor ruis en de zoutconcentratie van het aanmaakwater. De metingen van de viscositeit bleken reproduceerbaarder en toonden ook aan dat op geleidbaarheid soms een te snelle rijping van het polymeer suggereert. Bovendien lieten de proeven zien dat onder bepaalde condities (te intensieve menging, te lange verblijftijden) de kwaliteit van het polymeer afneemt. Dergelijke effecten zijn met behulp van geleidbaarheid niet goed te constateren.

De gebruikte meetmethoden kunnen ook ingezet worden als kwaliteitscontrole voor het ingekochte polymeer. Met een standaardrijpingsproef kan de viscositeit, ladingsdichtheid en toename van de geleidbaarheid worden bepaald. Veranderingen in deze parameters kunnen dienen als bewijs dat de kwaliteit van het polymeer niet constant is en veranderingen in polymeerverbuik verklaren.

5.5.2 Invloed waterkwaliteit

Dit onderzoek laat zien dat het polymeer veel viskeuzer is als het aangemaakt wordt met kraanwater in plaats van met effluent. Dit zou kunnen betekenen dat het polymeer hierdoor dus beter rijpt en daardoor effectiever is voor de ontwatering van het slib. Dit laatste viel buiten de scope van dit onderzoek. Zodra het polymeer met het slib vermengd wordt zal een groot deel van het kraanwater verdund worden door het slibwater. Het is onzeker of door deze verdunning er nog een positief effect merkbaar blijft van de betere rijping van het polymeer in kraanwater. Dit zal proefondervindelijk onderzocht moeten worden.

5.5.3 Voorselectie van polymeren

Dit onderzoek laat zien dat viscositeit en ladingsdichtheid de mogelijkheid bieden om polymeren in te delen in verschillende categorieën. Dit kan nuttig zijn als het waterschap overweegt om een alternatief polymeer uit te testen. Daarbij kunnen er twee strategieën onderscheiden worden.

Allereerst kan het doel zijn om de ontwateringsprestatie van de ontwatering te verbeteren. In deze situatie is het juist belangrijk om zo veel mogelijk onderscheidende polymeren uit te testen. Alternatieve polymeren

zouden dan zo veel mogelijk moeten verschillen in ladingsdichtheid en viscositeit, zodat de testen voldoende verschil in prestatie opleveren.

Een ander doel kan zijn om een zo goedkoop mogelijk alternatief te vinden voor het huidige polymeer bij een vergelijkbare ontwateringsprestatie. Alternatieve polymeren moeten dan vergelijkbare eigenschappen hebben en goedkoper zijn. Alternatieve polymeren zouden dan gescreend kunnen worden op een ladingsdichtheid en viscositeit die in de buurt komt van het huidige polymeer. Het is dan de verwachting dat deze polymeren vergelijkbaar zullen presteren.

5.5.4 Controle filtraatkwaliteit

Het onderzoek laat zien dat een meting van de ladingsdichtheid van het filtraat inzicht geeft in een onder- of overdosering van polymeer. Normaal gesproken zal een ervaren bedrijfsvoerder ook zelf in staat zijn om een onder- of overdosering te constateren. Een meting van de ladingsdichtheid van het filtraat kan de bedrijfsvoerder ondersteunen in zijn besluitvorming en kan hem helpen om scherper te sturen op de optimale dosering. Een bijkomend voordeel is dat door de invoering van een meting de beoordeling objectiever wordt en minder persoonsafhankelijk.

Een aanvullende, langdurige proef zal moeten uitwijzen wat de toegevoegde waarde van een dergelijke meting exact kan zijn. In het verleden zijn er proeven geweest om de ladingsdichtheid in het filtraat online te meten. Dergelijke meters bleken in de praktijk erg storingsgevoelig. Daarom wordt aanbevolen om een dergelijke meting juist eerst te introduceren als labmeting. Dit voorkomt storingen en afwijkingen door vervuiling van de apparatuur en waarschijnlijk is een meting van 1 of 2 keer per dag voldoende voor de beoordeling van de bedrijfsvoering.

6 CONCLUSIES

Het huidige onderzoek had een sterke focus op het onderzoeken van de rijping van het polymeer. Dit onderzoek laat zien dat bepaalde omstandigheden van invloed zijn op deze rijping. Daarbij is steeds aangenomen dat een toename van de geleidbaarheid, viscositeit en/of ladingsdichtheid overeenkomt met een betere rijping. Of deze betere rijping ook leidt tot een betere ontwatering van het slib is niet onderzocht in deze studie.

De belangrijkste conclusies van het onderzoek zijn als volgt samen te vatten.

Invloeden op de aanmaak van polymeer

- De initiële menging van polymeer en water lijkt de grootste invloed te hebben op de kwaliteit van het aangemaakte polymeer.
- Te lange rijpingstijden (groter dan 2 uur) leiden tot een vermindering van de kwaliteit van het aangemaakte polymeer: zowel de viscositeit als de ladingsdichtheid bleken af te nemen. Er zijn aanwijzingen dat dit tegengegaan kan worden door aanzuren van het polymeer, maar de beschikbare data is nog te summier om hier zeker van te kunnen zijn.
- Te intensieve menging van het polymeer bij rijping zorgt voor afname van de kwaliteit.
- Met kraanwater werden op labschaal een significant hogere viscositeit van het aangemaakte polymeer bereikt dan met effluent. Ook bleken verschillen in effluentkwaliteit invloed te hebben op de viscositeit van het aangemaakte polymeer. Dit zou kunnen betekenen dat als het polymeer aangemaakt wordt met leidingwater dat het dan effectiever werkt.
- Het volgen van de viscositeit voor het volgen van de rijping is betrouwbaarder dan het volgen van de toename van de geleidbaarheid. De meting laat minder ruis zien en kan beter verschillen in rijping aantonen. Bovendien kan met een viscositeitsmeting ook een afname van de molecuulgrootte van het polymeer worden aangetoond, bijvoorbeeld door te intensieve menging of te lange verblijftijden.

Vergelijking labresultaten met praktijk

- Voor rwzi De Verseput komen de resultaten van de labproeven goed overeen met de resultaten van de praktijkinstallatie. De aanmaak van het polymeer in deze installatie lijkt dan ook goed te verlopen.
- Voor rwzi Walcheren komen voor het polymeer Kemira Superfloc C82089 de labresultaten goed overeen met de praktijkinstallatie. Voor dezelfde installatie werd voor het polymeer Ashland Praestol K255 L bij de labproeven juist een viscositeit bereikt die 14% hoger was dan in de praktijkinstallatie. Dit kan er op wijzen dat de aanmaak van dit polymeer op dat moment niet optimaal was.
- Meting van de viscositeit van het aangemaakte polymeer lijkt een bruikbare methode om veranderingen in de kwaliteit van het aangemaakte polymeer vroegtijdig te constateren. Gedurende het onderzoek kon hierdoor een afwijking van een massaflowmeter worden aangetoond.

Vergelijking polymeren

- Binnen het onderzoek is de rijping van vier verschillende polymeren onderzocht. De viscositeit en ladingsdichtheid van deze polymeren bleken significant van elkaar te verschillen. Dit biedt mogelijkheden om de polymeren in te delen in verschillende categorieën. Bovendien laat dit zien dat deze parameters bruikbaar kunnen zijn voor een periodieke controle van de kwaliteit van het polymeer.

Meting van polymeer in filtraat

- In het kader van het onderzoek zijn oriënterende testen gedaan naar de bepaling van een onder- of overdosering van polymeer door het bepalen van de ladingsdichtheid van het filtraat. Deze gaven een eerste indicatie van de mogelijkheden, maar waren door onverwachte omstandigheden tijdens de proeven moeilijk te interpreteren. Toch laten de metingen zien dat er de potentie is om met een dergelijke meting een onder- of overdosering van polymeer te constateren. Een dergelijke meting zou de bedrijfsvoering kunnen ondersteunen bij de besluitvorming over de aanpassing van de polymeerdosering.

7 AANBEVELINGEN

Het huidige onderzoek heeft inzichten opgeleverd in de belangrijkste invloeden op de rijping van het polymeer. De ervaringen van dit onderzoek zijn mede gebruikt voor het indienen van een projectvoorstel bij de STOWA. Dit onderzoek zal naar verwachting worden gehonoreerd en biedt mogelijkheden voor een verdere verbreding van het onderzoek. Binnen het kader van dit voorstel zal de polymeeraanmaak van nog eens vijf ontwateringslokaties worden onderzocht. Bovendien zal daarbij ook geprobeerd worden om een relatie te leggen met de ontwaterbaarheid van het slib.

Voor waterschap Scheldestromen geeft het huidige onderzoek aanleiding tot de volgende aanbevelingen:

1. *Onderzoek het effect van het gebruik van kraanwater op de ontwatering van slib*
Het huidige onderzoek laat zien dat een polymeeroplossing die aangemaakt wordt met kraanwater een hogere viscositeit heeft dan polymeer dat werd aangemaakt met effluent. Voor de locatie Walcheren zou onderzocht kunnen worden of aanmaken van het polymeer met kraanwater ook een positief effect heeft op de ontwatering van het slib.
2. *Overweeg de introductie van een continue viscositeitsmeting van het aangemaakte polymeer.*
Een dergelijke meting kan vroegtijdig afwijkingen in de kwaliteit van het aangemaakte polymeer constateren. Als eerste stap kan besloten worden om als proef te beginnen met een regelmatige offline meting van de viscositeit om een beter beeld te ontwikkelen van de toegevoegde waarde in de praktijk van de dagelijkse bedrijfsvoering.
3. *Overweeg de invoering van een kwaliteitscontrole van het ingekochte polymeer.*
Een regelmatige meting van de viscositeit en ladingsdichtheid van het polymeer kan inzicht geven in variaties in de kwaliteit van het polymeer. Het polymeer heeft een grote invloed op de prestatie van de slibontwatering, maar de kwaliteit van het ingekochte polymeer wordt niet onderzocht. De methoden uit dit onderzoek bieden mogelijkheden om toch meer inzicht te krijgen in de belangrijkste eigenschappen van dit polymeer.
4. *Overweeg het testen van een regelmatige bepaling van de ladingsdichtheid van het filtraat.*
Een dergelijke meting geeft een objectief inzicht in de mate van onder- of overdosering van polymeer doordat de meting kan aantonen of er polymeer in het filtraat aanwezig is. Het huidige onderzoek kon vanwege de scope van het onderzoek alleen zeer oriënterend aantonen dat een onder- of overdosering kan worden aangetoond. In een vervolg onderzoek zou op één ontwateringslocatie onderzocht kunnen worden of een dagelijkse bepaling van de ladingsdichtheid kan helpen om minder polymeer te doseren.

8 LITERATUUR

1. **STOWA.** *Trends in slibontwatering.* 2012. Rapport 2012-46. ISBN 978.90.5773.577.6.
2. *Influence of polyelectrolyte characteristics on pressure-driven activated sludge dewatering.* **H. Saveyn, S. Meersseman, O. Thas, P. Van der Meeren.** 2005, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects , Vol. 262, pp. 40–51.
3. **DWA.** *Kennwerte der Klärschlammbehandlung.* 2008. Merkblatt DWA-M383. 978-3-94108929-7.
4. **DWA.** *Aufbereitung und Einsatz von polymeren Flockungsmitteln zur Klärschlammkonditionierung.* 2013. Merkblatt DWA-M 350. 978-3-942964-79-1.
5. *Implications and remediations of DMAEA-Q type polymer hydrolysis in wastewater treatment plants.* **H. Saveyn, D. Curvers, J. Pelicaen, J. Cauwenberghs, C. Thoeve, P. Van der Meeren.** 5, 2010, Water Science & Technology, Vol. 61.
6. **R. H. Perry, D. Green.** *Perry's Chemical Engineers' Handbook, sixth edition.* sl : Mc Graw Hill, 1984. ISBN 0-07-Y66482-X.