

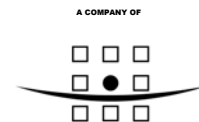
Alternatieven waterbehandeling herontwikkeling olieveld Schoonebeek

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

9 maart 2006

Rapportage

9R4564



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
MILIEU

Chopinlaan 12
Postbus 8064
9702 KB Groningen
+31 (0)50 521 42 14 Telefoon
(050) 526 14 53 Fax
info@ groningen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Alternatieven waterbehandeling
herontwikkeling olieveld Schoonebeek

Status Rapportage
Datum 9 maart 2006

Projectnummer 9R4564
Opdrachtgever Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Referentie 9R4641/R03/ETH/Gron

Auteur(s) Drs. E.Th. Holleman
Collegiale toets Dr. S. Vlaski
Vrijgegeven door Drs. E.Th. Holleman
Datum/paraaf

INHOUDSOPGAVE

		Blz.
1	KADER	1
1.1	Uitgangspunten basisalternatief	2
1.2	Uitgangspunten voorkeursalternatief	2
1.3	Uitgangspunten geen injectie alternatief	2
1.4	Uitgangspunten alternatief gedeeltelijke zuivering	3
1.5	Uitgangspunten waterkwantiteit en -kwaliteit	3
1.6	Uitgangspunten kostenberekeningen	4
2	TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN DE ALTERNATIEVEN	5
2.1	Basis alternatief: volledige injectie van productiewater	5
2.2	Voorkeursalternatief: volledige injectie van productiewater en lozing van brijn	6
2.3	Geen injectie alternatief: water zuivering en hergebruik zonder injectie	6
2.4	Alternatief: injectie van water na beperkte zuivering	8
3	KOSTEN	10

1

KADER

In het kader van de MER Herontwikkeling olieveld Schoonebeek is onderzoek uitgevoerd naar verwerking van waterstromen. Het betreft twee waterstromen waarvoor verschillende opties in beeld gebracht zijn:

- het restproduct van de waterfabriek, waar vanuit effluent ultrapuur water wordt geproduceerd voor de WKC (Warmte Kracht Centrale). Het restproduct kan worden geloosd op het oppervlaktewater of kan verder worden behandeld;
- de waterstroom vanuit de OBI (Oliewater Behandeling Installatie), wat voornamelijk bestaat uit het meegeproduceerde water uit het oliereservoir, aangevuld met andere waterstromen. Voor deze waterstroom zijn in het MER verschillende opties onderzocht. Indien de waterstroom direct wordt geïnjecteerd in leeggeproduceerde gasvelden is geen waterbehandeling nodig. Als alternatief worden mogelijkheden bekeken, waarbij het water volledig gezuiverd wordt of beperkt gezuiverd wordt.

Voor beide te behandelen waterstromen geldt dat de samenstelling vooraf ingeschat moet worden. Voor het vaststellen van effectieve waterbehandelingsmethoden is uitgegaan van een verwachte samenstelling van het water. Tijdens de uitvoering zal de waterkwaliteit naar verwachting nog veranderen. Dit geldt vooral voor de samenstelling van het injectiewater. Daarnaast varieert de hoeveelheid tijdens het project. De waterbehandeling moet zodoende ontworpen worden om een variërend debiet te kunnen verwerken.

In deze notitie worden de verschillende zuiveringsopties beschreven. Daarbij is aangegeven welke restproducten ontstaan en hoe met de restproducten wordt omgegaan. Dit vormt de input voor de levenscyclus analyse, zoals uitgevoerd in bijlage 3. De verschillende opties worden onderling vergeleken, zowel technisch als voor het verbruik van energie en chemicaliën, de geproduceerde hoeveelheid afval en de kosten.

Uitgangspunten

Voor alle uitgewerkte alternatieven zijn de volgende uitgangspunten van toepassing:

Verwerking waterfabriek (door NieuWater):

- NieuWater levert ultrapuur water, geproduceerd uit afvalwatereffluent van de RWZI (Riool Water Zuivering Installatie) Emmen (variërend van circa 7.500 tot 10.000 m³/dag).
- Voor de berekeningen gerelateerd aan verwerking en/of lozing van de RO (Reverse Osmose) brijn van NieuWater is uitgegaan van gegevens van NieuWater (TDS=4.100 mg/l, hoeveelheid is 300 m³/dag).

Injectiewater vanuit de OBI:

- Het injectiewater bestaat voornamelijk uit productiewater, waarvan de hoeveelheid gedurende het project afneemt van circa 12.750 tot circa 5.000 m³/dag;
- Uit de WKC en het oliewinning proces komen een aantal waterafvalstromen naar de OBI toe. Dat zijn de volgende stromen: spuiwater van de WKC (45 m³/dag), spoelwater van de oliewinning locatie (200 m³/put, totaal 12.000 m³/jaar voor 60 putten), doodpompvloeistof (1.000 m³/jaar) en stimulatiewater (1.800 m³/jaar).

De afweging van de mogelijke waterbehandeling is uitgewerkt aan de hand van de MER alternatieven. In de alternatieven zijn opties opgenomen voor zowel de verwerking van het restproduct bij de waterfabriek als het verwerken van de waterstroom uit de OBI.

1.1 **Uitgangspunten basisalternatief**

Het basisalternatief staat als voorgenomen activiteit centraal in het MER. Er is uitgegaan van een haalbaar alternatief. Mogelijke optimalisaties worden nog besproken maar zolang deze niet zeker zijn, wordt uitgegaan van een robuuste haalbare optie.

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing voor het basis alternatief:

Waterfabriek

- NieuWater levert ultrapuur water.
- De RO brijn van NieuWater wordt ingedampt tot hardafval. Gezuiverd water (distillaat) wordt terug geleid naar de EDI (Electro De-Ionisatie) (NieuWater) en hergebruikt.
- Gekristalliseerd zout wordt afgehandeld als hardafval.

OBI

- Volledige injectie van productiewater en waterafvalstromen geschiedt in Drenthe velden, na grove olie verwijdering in OBI.

1.2 **Uitgangspunten voorkeursalternatief**

Dit is een optimalisatie van het basisalternatief. De volgende uitgangspunten zijn van toepassing voor het voorkeursalternatief:

Waterfabriek

- NieuWater levert ultrapuurwater.
- De RO brijn van NieuWater wordt geloosd op oppervlaktewater (Verlengde Hoogeveensche Vaart).

OBI

- Volledige injectie van productiewater en waterafvalstromen geschiedt in Twente velden, na grove olie verwijdering in OBI.

1.3 **Uitgangspunten geen injectie alternatief**

Het bevoegd gezag heeft gevraagd in beeld te brengen wat de gevolgen zijn als geen injectie kan plaatsvinden van water in de ondergrond.

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing voor dit alternatief:

Waterfabriek

- Volledig hergebruik van productiewater geschiedt na behandeling tot de kwaliteit geschikt is voor droge stoom productie.
- Er is hierdoor geen behoefte aan levering van ultrapuur water door NieuWater.

OBI

- Er vindt geen injectie van waterstromen plaats.

- Er is voldoende productiewater beschikbaar, zodat er geen behoefte is aan periodieke aanvoer van aanvullend water t.b.v. stoom productie.
- Er is behoefte aan het afhandelen van grote hoeveelheden gekristalliseerde zout (hardafval) van gemiddeld 50.000 t/jaar tijdens de exploitatieperiode van 30 jaar.

1.4 **Uitgangspunten alternatief gedeeltelijke zuivering**

Het bevoegd gezag heeft gevraagd in beeld te brengen welke mogelijkheden er zijn om bij een volledig injecteren van productiewater met eventueel aanvullende afvalwaterstromen, toch een beperkte zuivering toe te passen zodat de milieukundig meest ongewenste stoffen niet in de ondergrond terecht komen.

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing voor dit alternatief:

Waterfabriek

- NieuWater levert ultrapuur water.
- Brijn van NieuWater wordt ingedampt tot hardafval. Gezuiverd water (distillaat) wordt terug geleid naar de EDI (NieuWater) en hergebruikt.

OBI

- Injectie van productiewater tijdens de hele exploitatieperiode.
- Gekristalliseerd zout wordt afgehandeld als hardafval.
- Onafhankelijk van de oplosbaarheid, toxiciteit en biologische afbreekbaarheid van gebruikte zuiveringschemicaliën (demulsifier) in de OBI (grove- olie verwijdering), uitgangspunt is dat restchemicaliën in het te injecteren water ongewenst zijn. Chemicaliën welke toegepast worden om de integriteit van het systeem te bewaken en optimale bedrijfsvoering, bedrijfszekerheid en levensduur van installaties te waarborgen (zoals bijv. anti-scalants, corrosieremmers), zijn geen onderwerp van de zuivering.
- Biologische verwijdering van toegevoegde chemicaliën in de OBI is beperkt door het hoog zoutgehalte van het productiewater.
- Efficiënte toepassing van fysisch-chemisch zuivering (GAC, stoomstrippen of anders) impliceert vergaande verwijdering van restolie uit het water (volledige OBI installatie).

1.5 **Uitgangspunten waterkwantiteit en -kwaliteit**

Injectiewater vanuit de OBI

De hoeveelheden productiewater en bijkomende waterafvalstromen zijn gebaseerd op beschikbare technische gegevens van de NAM en prognoses c.q. gemaakte aannames betreffende de waterkwaliteit van de verschillende waterstromen.

Op basis van de gemaakte aannames en analyses leveren de bijkomende waterafvalstromen geen significante invloed op voor de procesvoeringparameters van de voorgestelde zuiveringstechnieken binnen de verschillende alternatieven. De concentratie voorkomende zouten en verontreinigingen in het spui- en spoelwater is laag en levert een (verwaarloosbaar) verdunningseffect op de mengwaterstroom. De geprognoseerde concentratie zouten en vooral Ca-ionen in de gecombineerde stimulatie en doodpompvloeistof waterstroom levert een beperkt effect op de waterkwaliteit van de mengwaterstroom. Echter, na het vijfde jaar van de exploitatieperiode, als volgens de prognoses het productiewater debiet, zoutgehalte en

Ca- concentratie omlaag zouden gaan, kan de gecombineerde stimulatie en doodpompvloeistof waterstroom een significant effect op de kwaliteit van de totale mengwaterstroom opleveren (circa 50% hogere Ca-concentratie in de mengwaterstroom en de behoefte om de procesvoering van de ontharding in het geen injectie alternatief aan te passen). Om deze redenen wordt aanbevolen om de gezamenlijke doodpompvloeistof en stimulatiewaterstroom te bufferen en in kleinere debieten aan de mengwaterstroom te 'doseren' (in totaal 2.800 m³/jaar, oftewel 7,6 m³/dag).

Uitgaande van de gemaakte aannames, analyses en voorgestelde aanpak leveren de bijkomende waterafvalstromen geen significante invloed op de operationele parameters van de verschillende zuiveringen en de respectievelijke LCA's (Life Cycle Analyses).

1.6 Uitgangspunten kostenberekeningen

Voor de bovenstaande alternatieven zijn de kosten in rekening gebracht. Hierbij komen direct milieukundige aspecten aan bod, zoals energie, chemicaliën en afvalstoffen.

De berekeningen zijn met de volgende uitgangspunten uitgevoerd:

- De kostenberekeningen zijn gebaseerd op kostengetallen van de NAM en Royal Haskoning.
- De kostenberekeningen van Royal Haskoning zijn gebaseerd op benchmarkkosten voor verschillende zuiveringstechnieken uit recente turn-key contracten en leveranciers informatie.
- Exchange rate 1 € = 1,2 US\$.
- De berekening van investeringen voor de installaties is gedaan op basis van maximale debieten (dus uitgaande van voldoening aan maximale debieteisen tijdens de periode van jaar 1 t/m 5).
- De exploitatiekosten zijn berekend op basis van het gemiddeld debiet gedurende 30 jaar.
- De kostenberekeningen zijn gebaseerd op 2% inflatie en 7% rente.
- De kosten zijn berekend op basis van de annuïteiten methode en de present value methode (voor zowel investeringen, zoals O&M – Operation & Maintenance kosten).
- De annuïteitenberekeningen zijn gedaan op basis van splitsing van de kostenposten van de verschillende technologieën in civieltechnische, werktuigbouwkundige en elektrotechnische kosten (met verschillende afschrijvingstermijnen).

2 TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN DE ALTERNATIEVEN

Onderstaand volgt een uitwerking van de verschillende alternatieven voor afhandeling van de mengwaterstroom samengesteld uit de productiewaterstroom en de bijkomende waterafvalstromen (spui en spoelwater van de WKC en oliewinning, doodpompvloeiwater en stimulatiewater). De omvang en kwaliteit van de aparte waterstromen en de mengwaterstroom is gebaseerd op beschikbare waterkwantiteit en -kwaliteit gegevens. Bij ontbrekende gegevens zijn er aannames gedaan (educated guess) op basis van literatuur (inclusief oude MER documenten van de NAM) en ervaring. De verschillende concepten en zuiveringstechnologieën worden hier in meer detail beschreven.

2.1 Basis alternatief: volledige injectie van productiewater

Het basisalternatief gaat uit van volledige infiltratie van de productiewaterstroom en waterafvalstromen tijdens de exploitatieperiode.

Waterfabriek - Verdamping en kristallisatie

Voor de doeleinden van deze studie is uitgegaan van behandeling van de brijn, dat ontstaat in het ultrapuur water productieproces van NieuWater als gevolg van RO membraanfiltratie, op de locatie van de OBI. De behandeling van de brijn geschiedt door middel van mechanische damprecompressie (MVC - Mechanical Vapour Compression). Uitgangspunt is dat de TDS in de resulterende brijn niet boven 225.000 mg/l. Deze beperking is gerelateerd aan een te hoog energieverbruik en de waterchemie (het voorkomen van precipitatie van scaling veroorzakende zouten). Een andere beperking voor het gebruik van MVC voor de beoogde doeleinden is de hoge silica concentratie. Silica scaling bij overschrijding van het oplosbaarheidsproduct kan leiden tot onherstelbare schade aan de unit. De door NieuWater geprognoseerde hoge silica concentratie beperkt de indikkingfactor van de MVC tot 2,5 (silica concentratie van <250 mg/l bij een TDS van circa 10.000 mg/l in de MVC brijn). De ingedikte brijn van de MVC (40% van de oorspronkelijke brijnstroom van NieuWater) zal door middel van een kristallisatie unit tot hardafval (gekristalliseerde zout) behandeld worden. Op basis van gegevens van NieuWater ontstaat er circa 504 t/jaar gekristalliseerd zout dat afgehandeld moet worden.

Het product is een zuiverwaterstroom (distillaat) met zeer goede waterkwaliteit (TDS<20 mg/l). Met een aanvullende polijsten stap (de EDI van NieuWater) kan deze stroom voor de productie van stoom hergebruikt worden.

Injectiewater - Oliverwijdering OBI

Productiewater dat naar de behandelingsinstallatie van de OBI komt, zal naar verwachting meer dan 100 mg/l vrije olie bevatten. Ter voorkoming van operationele problemen tijdens de injectie van het water moet deze olie en zwevend stof eerst verwijderd worden. Het proces van het grove olieverwijdering vindt plaats door middel van zwaartekrachtscheiding (schraap tanks leveren water met een restoliegehalte tussen 100-200 mg/l).

2.2 Voorkeursalternatief: volledige injectie van productiewater en lozing van brijn

Deze optimalisatie van het basisalternatief gaat van:

- De brijn die ontstaat in het ultrapuur water productieproces van NieuWater als gevolg van RO membraanfiltratie wordt op het oppervlaktewater geloosd.
- Volledige infiltratie van de productiewaterstroom en waterafvalstromen tijdens de exploitatieperiode.

Figuur 1 geeft een schematische weergave van het basisalternatief en het voorkeursalternatief.

2.3 Geen injectie alternatief: water zuivering en hergebruik zonder injectie

Dit alternatief gaat ervan uit dat geen waterinjectie in ondergrondse reservoirs toegepast wordt. Dat betekent dat alle waterstromen zouden kunnen worden:

- hergebruikt binnen de projectonderdelen;
- geloosd op het oppervlaktewater.

Alle in het water voorkomende verontreinigingen worden afgevoerd naar een verwerker.

Het productiewater en de waterafvalstromen moeten worden gezuiverd bij de OBI. Het is mogelijk het productiewater te zuiveren (ontziltten) en daarna te lozen op het oppervlaktewater, of verder te zuiveren en te hergebruiken als ultrapuur water voor de stoomproductie. De kosten voor extra zuivering tot ultrapuur water zijn relatief beperkt. Door het benodigde ultrapuur water bij de OBI te produceren, zal het gebruik van de waterfabriek van NieuWater niet nodig zijn. Voor dit alternatief is er daarom van uitgegaan dat het water tot ultrapuur water wordt gezuiverd en zodoende geen waterfabriek bij de RWZI nodig is.

Gedurende de hele exploitatieperiode zal een overschot aan productiewater optreden, dat geloosd ($Cl < 200$ mg/l) op het oppervlaktewater zou worden.

Kritische parameters voor het toepassen van productiewater als ketelvoedingwater zijn olieresten, de hardheid ionen (Ca, Mg), het zoutgehalte en het silica gehalte. Figuur 2 geeft een schematische weergave van het geen injectie alternatief.

Olieverwijdering OBI

Productiewater is vanwege olieresten en het hoge zoutgehalte niet zomaar toepasbaar als ketelvoedingwater. Productiewater dat naar de behandelingsinstallatie van de OBI komt, zal naar verwachting meer dan 100 mg/l vrije olie bevatten. Deze olie moet eerst verwijderd worden. Het proces van het verwijderen van olie vindt plaats in drie stappen:

- Stap 1: Olieverwijdering door zwaartekrachtscheiding (schraap tanks leveren water met restolie gehalte tussen 100-200 mg/l).
- Stap 2: Olieverwijdering door gasinjectie (IGF-Induced Gas Flotation levert water met een rest oliegehalte van 10-25 mg/l).
- Stap 3: Olieverwijdering door filtratie (filter gemaakt van notendoppen levert olievrij water).

Ontharding

Neerslaan en aanslag van calciumcarbonaat bij een hoge watertemperatuur is de reden voor ontharding van ketelwater. Voor het ontharden van water kan gebruik gemaakt worden van een kalksoda-ontharder. Kalk wordt gedoseerd t.b.v. aanpassing van de ($\text{pH} \geq 10$), terwijl Na_2CO_3 as wordt gedoseerd t.b.v. neerslaan van calcium(carbonaat).

Efficiënte ontharding en silica verwijdering zijn ook voorwaarden voor efficiënte en probleemloze ontzouting. Bij ontzoutingsprocessen leveren calcium en silica scaling namelijk grote problemen op bij de bedrijfsvoering van de installaties. De variërende kwaliteit van het productiewater impliceert de behoefte om de O&M van de ontharding (en eventueel navolgende ontzouting) vaak en tijdig aan te passen.

Silica verwijdering

Hoge concentraties silica boven het verzadigingspunt leiden tot verglazing van vlampijpen. Dit kan tot zeer gevaarlijke situaties leiden en is dus ongewenst. De oplosbaarheid van silica neemt toe bij de toename van de temperatuur. De temperatuur in de oliereservoirs neemt toe door de stoominjectie. In de praktijk betekent dit dat bij een dalende TDS-gehalte door de stoominjectie, het silica-gehalte zal toenemen. Voor hergebruik geldt dat het silica-gehalte niet hoger mag zijn dan 120 mg/l. Uitgangspunt, gebaseerd op vergelijkbare ervaringen in California en Canada, is een gestabiliseerd silica gehalte van 200-250 mg/l in de productiewaterstroom. Voor deze studie is uitgegaan van een silica concentratie van 200 mg/l.

Silica verwijdering neemt plaats in de kalksoda ontharder ($\text{pH} \geq 10$, $T > 60$ °C, bij voldoende contact tijd) door adsorptie op magnesium hydroxide. Deze wordt dan met het kalkslib verwijderd.

Silica verwijdering is essentieel voor het efficiënte verloop en bedrijfsvoering en het onderhoud van het ontzoutingsproces (RO of verdamping).

Ontzouting

Het probleem met zouten is dat bij het verhitten en verdampen van water de zouten achterblijven in de vorm van een aanslag (scaling). Dit vermindert de warmte overdracht en kan zelfs tot gevaarlijke situaties leiden in vlampijpen in de ketels. Het zoutgehalte wordt uitgedrukt in TDS (Total Dissolved Solids). Afhankelijk van de te genereren stoomkwaliteit mag de TDS in het ketelvoedingwater maximaal 10.000 mg/l bedragen (natte stoom productie), of zoutvrij zijn (droge stoom productie). Twee verschillende behandelingen kunnen resulteren in acceptabele TDS waarden voor gebruik van een deel van het productiewater als ketelvoedingwater. Dit zijn ontzouten en verdunnen. In deze studie is uitgegaan van ontzouting en hergebruik van het productiewater voor droge stoomproductie (zoutvrij water) gedurende de hele exploitatie periode (alternatief 1A).

Ontzouting van het water dat al behandeld is in de OBI en in de ontharding geschiedt door toepassing van MVC technologie. Uitgangspunt is dat de TDS in het resulterende brijn niet boven 225.000 mg/l uitkomt. Deze beperking is gerelateerd aan een te hoog energieverbruik en de waterchemie (het voorkomen van neerslaan van scaling veroorzakende zouten).

Het ontzoute water bevat nog steeds beperkte concentraties zouten (TDS<20 mg/l). Polijsten van de waterkwaliteit en verwijderen van deze restzouten geschiedt door middel van ionenwisselaars. Hierdoor ontstaat zoutvrij water dat voor droge stoomproductie ingezet kan worden.

Kristallisatie

Het resulterende bijproduct (brijn wordt behandeld door middel van een kristallisatie unit). Hier wordt water van een redelijk goede kwaliteit van het harde afval (gekristalliseerd zout) gescheiden. Een harde afvalstroom van gemiddeld 50.000 t/jaar moet afgehandeld worden tijdens de exploitatieperiode. De grootste hoeveelheden gekristalliseerde zouten zouden in de eerst vijf exploitatiejaren afgehandeld moeten worden (grootste debieten en TDS concentraties) Het teruggewonnen water kan gerecicleerd en na polijsten (MVC en/of ionenwisselaars) hergebruikt worden.

Tijdens de ontzouting en brijn indikking worden chemicaliën toegepast. Ook is het van belang rekening te houden met de noodzaak van de toepassing van koelingwater en eventuele luchtemissies uit de MVC unit(s). Omdat er sprake is van energie-intensieve processen (hoog energieverbruik) moet rekening worden gehouden met de milieueffecten gerelateerd aan energieproductie. Daarnaast moet er rekening worden gehouden met de eventuele afvoer c.q. storten van het harde afval uit het kristallisatieproces (zout). Idealiter zou het gekristalliseerde zout vermarkt of kostenneutraal verhandeld worden. Voordeel van deze aanpak is dat de resulterende brijn- en hard afval- stromen maximaal beperkt worden. Figuur 3 geeft een schematische weergave van het ontzoutingsconcept.

2.4 Alternatief: injectie van water na beperkte zuivering

De verwerking van het restproduct bij de waterfabriek komt overeen met het voorkeursalternatief. Onderstaand wordt de behandeling van de waterstroom uit de OBI specifiek besproken.

Dit alternatief gaat vanuit volledige infiltratie van de productiewaterstroom en waterafvalstromen tijdens de exploitatieperiode. Echter, in tegenstelling tot het basis alternatief wordt een beperkte zuivering van het te injecteren water gehanteerd.

Beperkte zuivering

De basis variant gaat vanuit volledige injectie van het productiewater na behandeling in de OBI t.b.v. grove olie verwijdering. Ter bevordering van het oliescheidingsproces worden er chemicaliën toegepast (50-75 mg/l van demulsifier). De oplosbaarheid van demulsifiers, toegepast in de oliebehandelingsindustrie is afhankelijk van zijn moleculaire gewicht. In de meeste gevallen hebben deze stoffen een lager toxiciteitsniveau bij inname of huid blootstelling. De aquatische toxiciteit is typisch laag en veel van deze producten zijn biologisch afbreekbaar. Exactere uitspraken kunnen gegeven worden door de veiligheidsdata sheet van de specifiek te gebruiken chemicaliën te raadplegen. Voor de doeleinden van deze studie is uitgegaan van een

goede oplosbaarheid en hoge concentratie demulsifiers in het productiewater na de grove olie verwijdering (schraap tanks). Onafhankelijk van het niveau van zijn toxiciteit uitgangspunt is dat zijn aanwezigheid in het te injecteren water ongewenst is. Stoffen die toegepast worden om de integriteit van het systeem te bewaken en optimale bedrijfsvoering, bedrijfszekerheid en levensduur van installaties te waarborgen (zoals bijv. anti-scalants, corrosieremmers), zijn geen onderwerp van de zuivering.

De toepassing van biologische zuivering t.b.v. verwijdering van deze stoffen is beperkt door de hoge zoutgehalten in het water. Dit impliceert een fysisch-chemische zuivering. Dit kan geschieden bijvoorbeeld door middel van (stoom)strippen en/of actief koolfiltratie (adsorptie van organische stoffen). Voor de doeleinden van deze studie is uitgegaan van een aanvullende zuivering door middel van actief koolfiltratie. Een definitieve uitspraak van de meest geschikte zuiveringstechnologie kan gegeven worden als de exacte samenstelling en eigenschappen (onder andere adsorptie isothermen) van de toegepaste stoffen worden vastgesteld.

Efficiënte toepassing van actief koolfiltratie (trouwens ook van een stoomstripper) is zeer afhankelijk van de hoeveelheden restolie in het productiewater na de grove olie verwijdering (orde van grootte 100-200 mg/l). Een snelle verzadiging en (vake) kostbare vervanging van de kool veroorzaakt door restolie is niet gewenst. Daarom is uitgegaan van volledige olie verwijdering in de OBI, volgens het oorspronkelijk conceptueel ontwerp (inclusief IGF en filtratie), zoals van toepassing voor de geen injectie alternatief. Olivrij productiewater wordt verder behandeld door actief koolfiltratie t.b.v. verwijdering van de toegevoegde demulsifiers. Figuur 5 geeft een schematische weergave van de Alternatief C.

Op deze manier zouden de toegevoegde zuiveringschemicaliën (OBI) en restolie uit het te injecteren water verwijderd worden. Chemicaliën worden echter opnieuw t.b.v. voorkoming van corrosieverschijnselen binnen de waterinjectie infrastructuur gedoseerd. Het wordt aangenomen dat zuur, loog of andere chemicaliën (zouten) worden gedoseerd. Dit impliceert dat aan de hand van de dosering van chemicaliën t.b.v. corrosiecontrole van de injectie infrastructuur het zoutgehalte van geïnjecteerd water zal stijgen. Uitgangspunt is dat er geen schadelijke chemicaliën t.b.v. corrosiecontrole aan het injectiewater worden toegevoegd.

Voor deze variant is uitgegaan van levering van ultrapuur water door de waterfabriek van NieuWater.

3 KOSTEN

De kernpunten waarop de alternatieven verschillen zijn in onderstaande tabellen weergegeven. In de tabel staan de orde grootte van de kosten ter indicatie weergegeven. Deze zijn in de navolgende tabellen expliciet gemaakt.

Tabel 1. Kernpunt verschillen beschouwde alternatieven waterfabriek met kosten in miljoenen €.

Alternatief	Basis	Voorkeur	Hergebruik	Beperkte zuivering
Waterfabriek	Ja	Ja	Geen waterfabriek	Ja
Extra zuivering binnen en buiten waterfabriek	Ja	Nee	Geen waterfabriek	Ja
	Verdamping van RO brijn en afvoer van gekristalliseerd zout	Lozing van RO brijn op oppervlaktewater.		Verdamping van RO brijn en afvoer van gekristalliseerd zout
Kosten				
Investerings (M E)	21,42	18,52	Geen	21,42
Exploitatie(ME/jaar)	3,30	1,41	Geen	3,30
Totaal life cycle kosten Waterfabriek (M €):	76,84	42,14	Geen	76,84

Uit de bovenstaande tabellen blijkt het volgende:

Waterfabriek

De kosten voor de aanleg van de waterfabriek bedragen circa € 18,52 miljoen. Dit is uiteraard een grove raming gebaseerd op vrij algemene gegevens. Indien het restproduct bij de productie van ultrapuur water verder wordt behandeld (verdampt) en daarna afgevoerd naar een verwerker, komen de investeringskosten voor de totale projectduur op circa € 21,42 miljoen.

De jaarlijkse exploitatiekosten voor het basis alternatief, dus inclusief verdamping van de RO brijn en afhandeling van het gekristalliseerde zout, bedragen 3,3 miljoen €/jaar. De life cycle exploitatiekosten van de waterfabriek bedragen € 55,42 miljoen. De totale life cycle kosten van de waterfabriek in het kader van het basis alternatief bedragen circa € 76,84 miljoen.

De jaarlijkse exploitatiekosten voor het voorkeursalternatief, dus uitgaande van lozing van de RO brijn op oppervlaktewater, bedragen 1,41 miljoen €/jaar. De life cycle exploitatiekosten van de waterfabriek bedragen € 23,62 miljoen. De totale life cycle kosten van de waterfabriek in het kader van het voorkeursalternatief bedragen circa € 42,14 miljoen.

De investeringen, exploitatie- en life cycle kosten van de waterfabriek in het kader van het alternatief met beperkte zuivering zijn gelijk aan het basis alternatief.

Tabel 2. Kernpunt verschillen beschouwde alternatieven injectiewater met kosten in miljoenen €

Alternatief	Basis	Voorkeur	Hergebruik	Beperkte zuivering
Waterfabriek	Ja	Ja	Nee Geen kosten voor aanleg en gebruik waterfabriek	Ja
Extra zuivering buiten OBI	Nee	Nee	Ja Zuivering van volledig injectiewaterstroom en afvoer van gekristalliseerd zout	Ja Zuivering t.b.v. verwijdering toegevoegde chemicaliën
Waterinjectie	Ja Water injectie Drenthe velden	Nee Water injectie Twente velden	Geen injectie	Ja Water injectie Twente velden na beperkte zuivering
Kosten				
Investerings (M €)	146,62	44,56	67,28	56,64
Exploitatie(M €/jaar)	3,98	3,98	18,67	6,67
Totaal life cycle kosten Zuivering & injectie (M €) :	213,47	111,41	380,89	168,74
Totaal life cycle kosten per alternatief (Waterfabriek en Zuivering & injectie) (M €)	290	154	381	246

Uit de bovenstaande tabellen blijkt het volgende:

Verwerking water in en buiten OBI

Indien het injectiewater dat in de OBI werd behandeld (grove olie verwijdering) rechtstreeks naar de waterinjectielocaties gaat voor waterinjectie, vindt er geen aanvullend waterbehandeling plaats. De investeringskosten voor deze alternatieven bestaan uit kosten t.b.v. grove olie verwijdering in de OBI en het operationeel maken van waterinjectie infrastructuur (pijpleidingen en injectievelden). Voor de Drenthevelden bedragen de aanlegkosten van waterinjectie infrastructuur circa € 140 miljoen. Samen met de investeringskosten voor de OBI bedragen de investeringskosten voor zuivering in en buiten de OBI circa € 146,62 miljoen. Voor de Twentevelden bedragen de injectie infrastructuur aanlegkosten circa € 37,94 miljoen. Samen met de investeringskosten voor de OBI bedragen de investeringskosten voor zuivering in en buiten de OBI circa € 44,56 miljoen. Voor beide opties geldt dat de jaarlijkse operationele kosten 3,98 miljoen €/jaar bedragen (wat resulteert in totale life cycle exploitatiekosten van circa € 66,86 miljoen). Hierdoor geldt dat de totale life cycle kosten (life cycle investeringen en exploitatiekosten) circa € 213,47 miljoen bedragen voor waterinjectie in de Drenthevelden (basisalternatief) en circa € 111,41 miljoen voor de Twente velden

(voorkeursalternatief). De totale life cycle kosten voor deze twee alternatieven, inclusief de kosten gerelateerd aan de waterfabriek, bedragen circa € 290 miljoen voor het basis alternatief en circa € 154 miljoen voor het voorkeursalternatief.

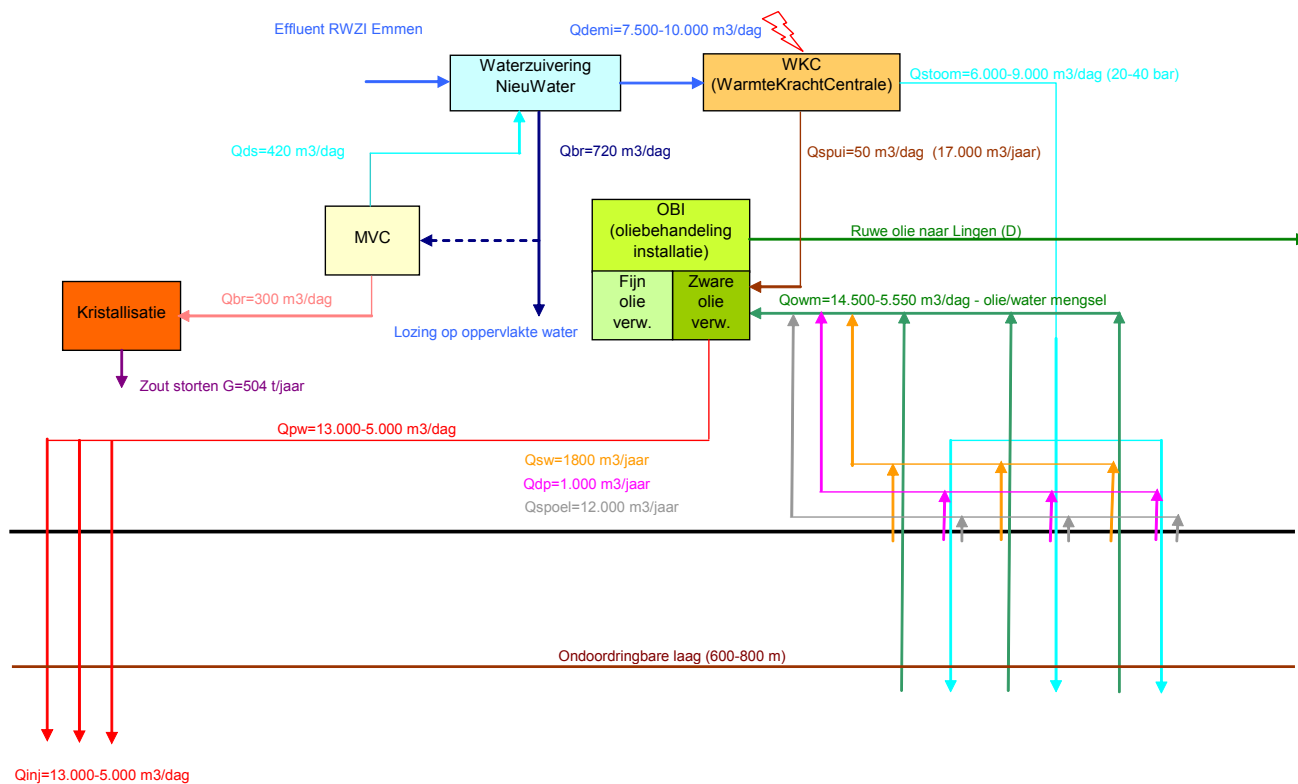
Een beperkte waterzuivering, met als doel de toegevoegde chemicaliën (mijnbouwhulpstoffen) te verwijderen, leidt tot extra investeringskosten (circa € 12,1 miljoen) en operationele kosten (circa € 45,24 miljoen) t.o.v. het voorkeursalternatief. De overige kosten voor het Beperkt Zuiveren Alternatief komen overeen met de kosten voor het Voorkeursalternatief, zodat de totale kosten voor de projectduur uitkomen op circa € 168,74 miljoen. De totale life cycle kosten voor dit alternatief, dus inclusief de kosten van de waterfabriek, komen op circa € 246 miljoen uit.

Indien de volledige waterstroom vanuit de OBI wordt gezuiverd, en hergebruikt als ultrapuur water (waarbij het overschot wordt geloosd op het oppervlaktewater), zijn de waterfabriek en de waterinjectielocaties overbodig. De kosten worden nu geheel bepaald door de waterzuivering en de verwerking van het restproduct. Aan de waterzuivering worden nu veel hogere eisen gesteld, wat blijkt uit de investeringskosten van circa € 67,28 miljoen, maar vooral de hoge operationele kosten van circa € 313,61 miljoen. De totale life cycle kosten voor dit alternatief (geen waterfabriek nodig) komen daarmee uit op circa € 381 miljoen.

Verdere analyse van de effecten op het milieu (LCA) gerelateerd aan energieverbruik, gebruik van chemicaliën, storten van afvalstromen, enz., en de risicoanalyse betreffende mogelijke lange termijn milieurisico's moet de beoordeling van deze vier alternatieven verder in perspectief plaatsen.

Figuur 1. Basis- en voorkeursalternatief

- - - - -> **Basis alternatief: injectie productiewater (Drenthe velden) & verdamping RO brijn**
- > **Voorkeursalternatief: injectie productiewater (Twente velden) & lozing RO brijn op oppervlaktewater**

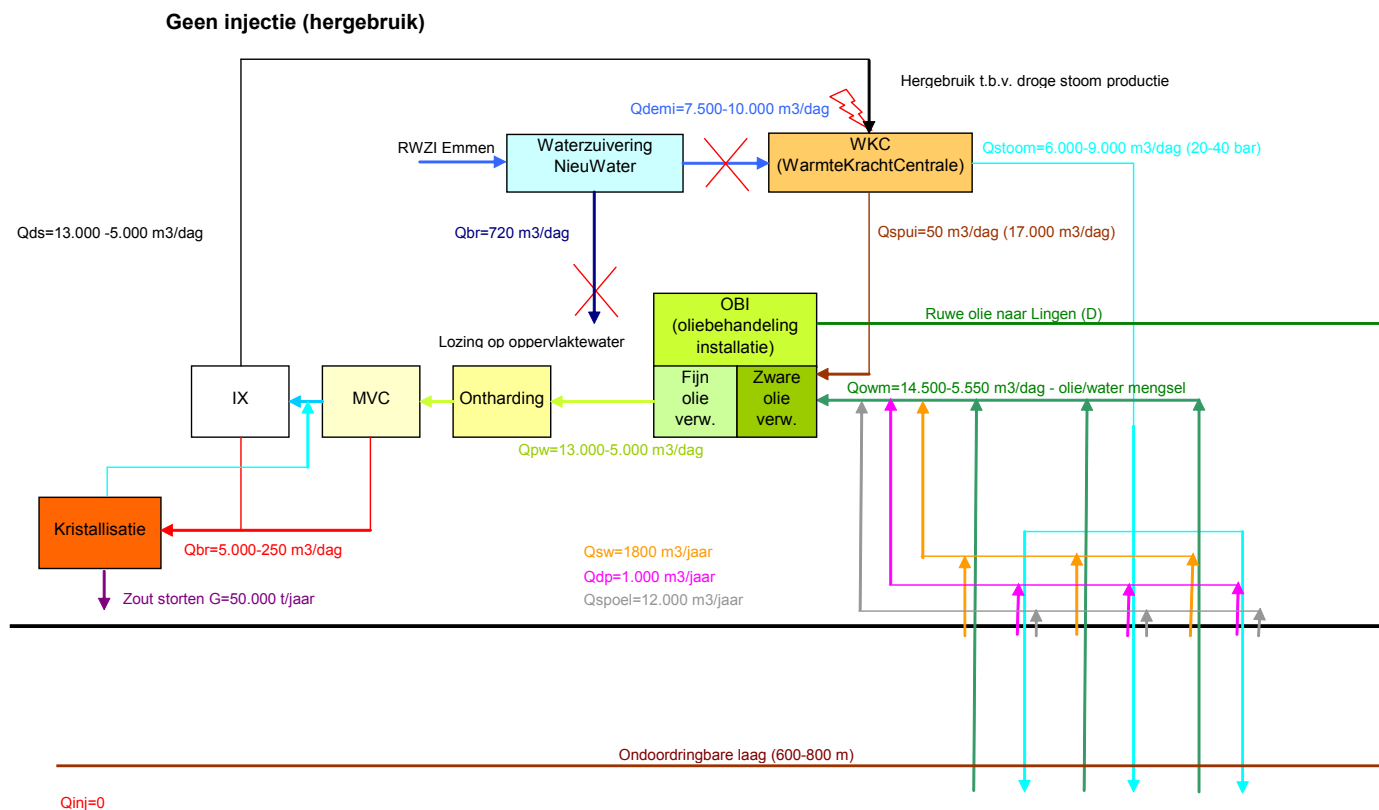


Legenda:

- Qdemi - debiet demi water aangeleverd door NieuWater
- Qbr - debiet brijn ontstaan bij productie demi water
- Qspui - debiet ketelspuiwater WKC (0,5% van stoomproductie)
- Qstoom - aangeleverd stoom t.b.v. oliewinning
- Qsw - debiet stimulatiewater
- Qdp - debiet doodpompvloeiwater

- Qspoel - debiet spoelwater putten
- Qowm - debiet olie-water mengsel
- Qpw - debiet productiewater olie/water mengsel
- Qinj - debiet geïnjecteerd water
- Qds - debiet hergebruik droge stoom productie (naar EDI unit)

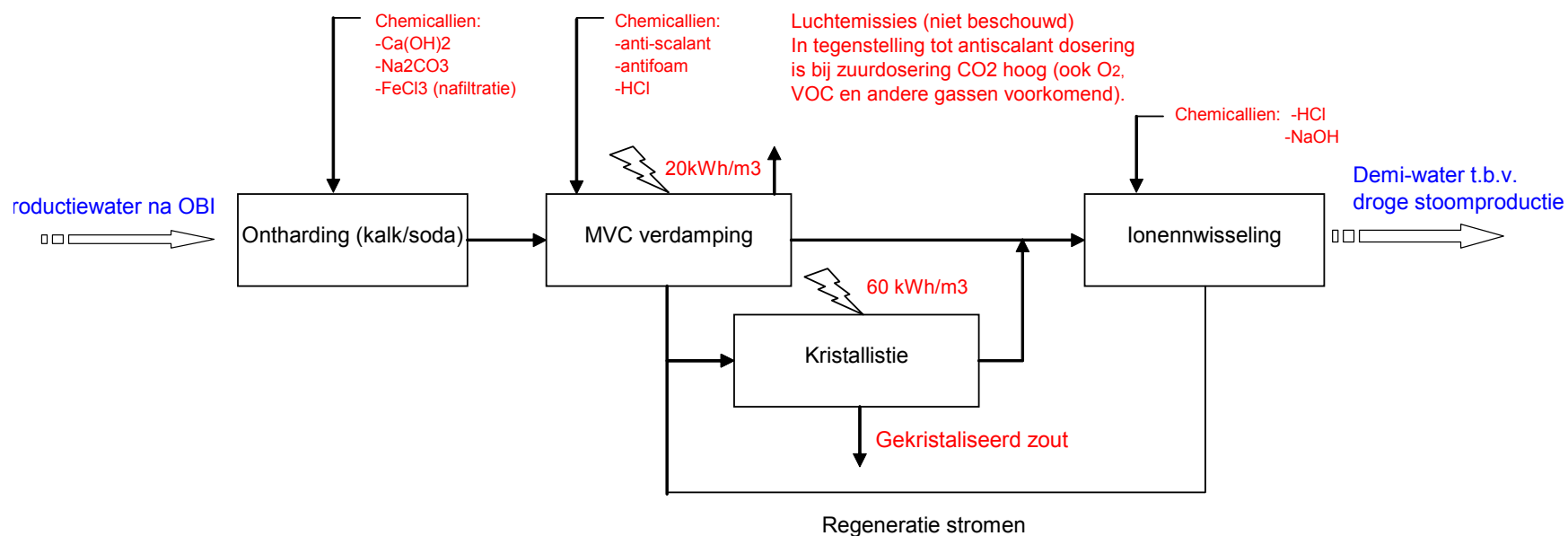
Figuur 2. Alternatief geen injectie



Legenda:

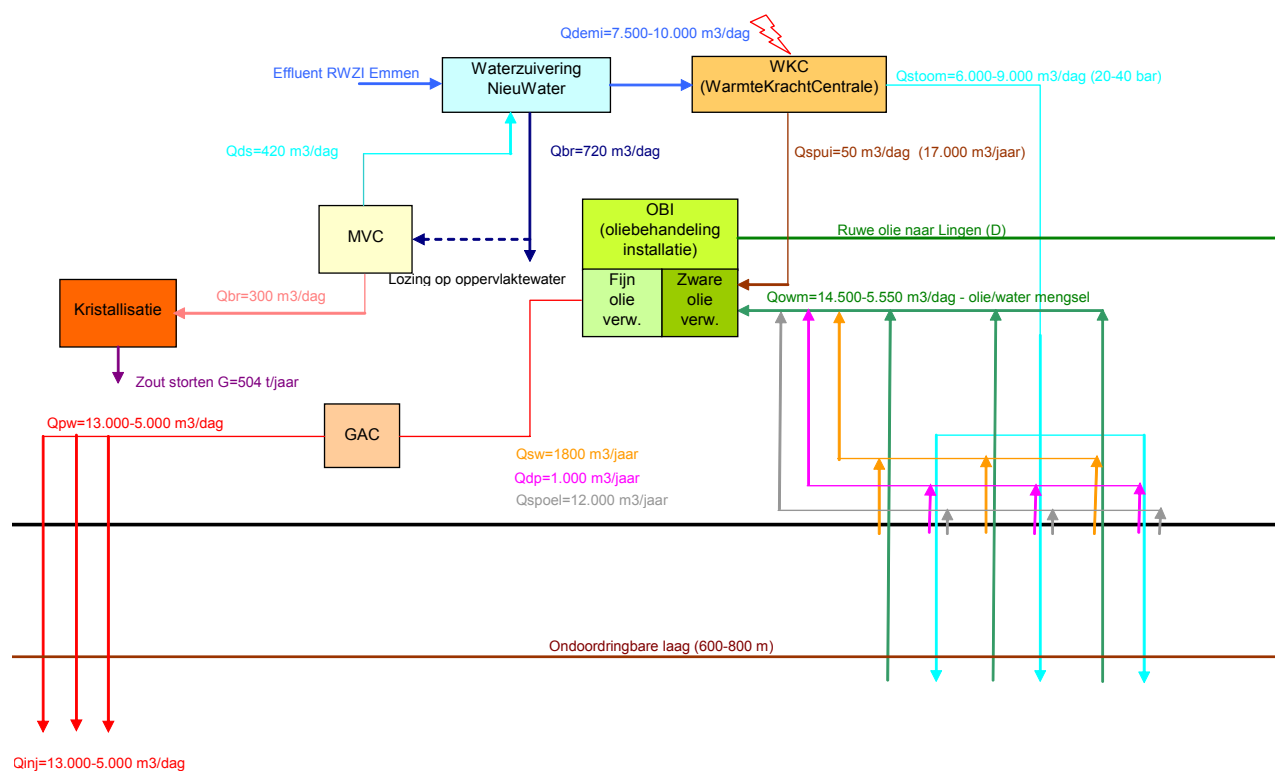
- Qdemi - debiet demi water aangeleverd door NieuWater
- Qbr - debiet brijn ontstaan bij productie demi water
- Qspui - debiet ketelspuiwater WKC (0,5% van stoomproductie)
- Qstoom - aangeleverd stoom t.b.v. oliewinning
- Qsw - debiet stimulatiewater
- Qdp - debiet doodpompvloeistof water
- Qspoil - debiet spoelwater putten
- Qqwm - debiet olie-water mengsel
- Qpw - debiet productiewater voor en na olie/water behandelinginstallatie
- Qinj - debiet geïnjecteerd water
- Qds - debiet hergebruik droge stoom productie

Figuur 3. Schematische weergave ontzoutingsconcept



Figuur 5. Alternatief injectie na beperkte zuivering

Injectie na vergaande zuivering



Legenda:

- Qdemi - debiet demi water aangeleverd door NieuWater
- Qbr - debiet brijn ontstaan bij productie demi water
- Qspui - debiet ketelspuiwater WKC (0,5% van stoomproductie)
- Qstoom - aangeleverd stoom t.b.v. oliewinning
- Qsw - debiet stimulatiewater
- Qdp - debiet doodpompvloeiwater
- Qspoel - debiet spoelwater putten
- Qowm - debiet olie-water mengsel
- Qpw - debiet productiewater olie/water mengsel
- Qinj - debiet geinjecteerd water
- Qds - debiet hergebruik droge stoom productie (naar EDI unit)