

RAPPORT

Onderzoek naar de verwerking van testwater afkomstig van geothermie

in het kader van de landelijke Kennisagenda
Aardwarmte

Klant: Ministerie LNV, Programma KennisAgenda
Aardwarmte, gefinancierd vanuit Kas als Energiebron

Referentie: BF6178-RHD-RP-001-RP-001

Status: 0.2/Definitief

Datum: 30 maart 2020

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB NIJMEGEN
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Onderzoek naar de verwerking van testwater afkomstig van geothermie

Ondertitel: Eindrapport Testwater
Referentie: BF6178-RHD-RP-001-RP-001
Status: 0.2/Definitief
Datum: 30 maart 2020
Projectnaam: Onderzoek verwerking testwater geothermie
Projectnummer: BF6178
Auteur(s): Judith Woolderink, Rob Lodder, Tom Houben

Opgesteld door: Cathelijne Dreissen

Gecontroleerd door: Jan Appelman

Datum/paraaf:

Goedgekeurd door: Jan Appelman

Datum/paraaf: 31-03-2020



Classificatie

Open



Disclaimer

Niets uit deze specificaties/drukwerk mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HaskoningDHV Nederland B.V.; noch mogen zij zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor andere doeleinden dan waarvoor zij zijn vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor deze specificaties/drukwerk ten opzichte van anderen dan de personen door wie zij in opdracht is gegeven en zoals deze zijn vastgesteld in het kader van deze Opdracht. Het geïntegreerde QHSE-managementsysteem van HaskoningDHV Nederland B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 en ISO 45001:2018.

Inhoud

Samenvatting	1
Lijst van afkortingen	6
1 Inleiding	9
1.1 Geothermie en testwater	9
1.2 Probleemstelling en doel van het project	10
1.2.1 Geothermie	10
1.2.2 Doelstelling	10
1.2.3 Resultaat	10
1.3 Leeswijzer	11
2 Methodologie	12
2.1 Aanpak onderzoek	12
2.2 Scope van het onderzoek en definities	13
3 Huidige praktijk	15
3.1 Projectcyclus geothermie	15
3.1.1 Voorbereiding/ontwikkeling	15
3.1.2 Constructiefase 1	16
3.1.3 Boren en testen	16
3.1.4 Constructiefase 2	16
3.1.5 Exploiteren	16
3.1.6 Abandonnering	16
3.2 Samenstelling testwater	17
3.2.1 Kwantiteit	17
3.2.2 Kwaliteit	17
3.3 Praktijkervaringen	20
3.3.1 Wijze van verwerking testwater recente projecten	20
3.3.2 Ervaringen operators	20
3.3.3 Ervaringen SodM	21
3.3.4 Ervaringen waterbeheerders	21
3.4 Conclusies	22
4 Behandeling van testwater	23
4.1 Algemeen	23
4.2 Directe lozing op zout oppervlaktewater of via effluentleiding van een rwzi	23
4.3 Lozing op zoet oppervlaktewater	26
4.3.1 Lozing op zoet water met verdampingsinstallatie (MVR)	27
4.3.2 Lozing op zoet water (DyVar)	28
4.4 Verwerking op een RWZI	29

4.5	Afvoer testwater naar een externe verwerker	30
4.6	Herinjectie van testwater	31
4.7	Kwalitatieve vergelijking verwerkingsmethoden	32
4.8	Monitoring	32
5	Wet- en regelgeving	34
5.1	Wetten en besluit	34
5.1.1	Wet- en regelgeving van toepassing bij geothermie projecten	34
5.1.2	Winningsvergunning in het kader van de Mijnbouwwet	34
5.1.3	Omgevingsvergunning oprichting mijnbouwwerk	35
5.1.4	Natuurlijke radioactiviteit	36
5.1.5	Het Besluit Milieueffectrapportage	36
5.1.6	Toekomstige wetgeving	36
5.2	Algemene regels	37
5.2.1	Besluit algemene regels mijnbouw milieu (Barmm)	37
5.2.2	Activiteitenbesluit en besluit lozen buiten inrichtingen	37
5.3	Nadere uitwerking diverse aspecten	38
5.3.1	Nadere uitwerking opslag van testwater in tijdelijke opslagvoorzieningen	38
5.3.2	Nadere uitwerking aspect tijdelijke opslagvoorziening	38
5.3.3	Nadere uitwerking aspect afvoer en lozen van testwater	40
5.3.4	Nadere uitwerking aspect veiligheid	42
6	Opslag in tijdelijke opslagvoorzieningen	43
6.1	Opslag in bassins	44
6.1.1	Wettelijk kader	44
6.1.2	Praktische invulling	44
6.2	Opslag in bouwwerken	45
6.2.1	Wettelijk kader	45
6.2.2	Praktische invulling	46
6.3	Optimalisatiemogelijkheden opslag	46
6.4	Aanzet voor de industriestandaard	47
7	Verwerkingsroutes	49
7.1	Herinjectie in de diepe ondergrond	49
7.2	Lozen op oppervlaktewater	50
7.3	Lozing op de riolering	51
7.4	Afvoer per as/Externe verwerking	52
8	Voorstel verwerken van testwater	54
8.1	Voorstel werkwijzen	54
8.2	Voorstel/Aanbevelingen	54
8.3	Beslisboom	56

9 Literatuurlijst

57

Bijlagen

- A1 Bijlage Geothermie, vergunningen per fase
- A2 Bijlage Voorstel voor elementen voor in een industrie standaard: Praktische beschrijving opslag
- A3 Bijlage Beslisboom voor bepalen lozingsroutes testwater
- A4 Bijlage Rapport; Lozing geothermie testwater op rwzi's

Samenvatting

Geothermie is het winnen van aardwarmte. Bij deze energietechnologie wordt met behulp van diepe boring het van nature aanwezig water uit de ondergrond opgepompt. De warmte wordt eruit gehaald en vervolgens wordt het afgekoelde water teruggevoerd via het tweede boorgat in dezelfde watervoerende laag op enkele kilometers afstand van de inlaat. Dit geothermisch systeem wordt een doublet genoemd en is bovengronds een gesloten systeem. Geothermie kan als duurzaam alternatief voor aardgas ingezet worden voor het verwarmen van onder andere tuinbouwkassen, industrie en woningen.

Bij de realisatie van een geothermieproject komt eenmalig een hoeveelheid reservoirwater vrij dat niet (direct) terug de ondergrond geïnjecteerd kan worden. Dit water komt vrij bij het schoonspoelen en testen van (een van) de putten en wordt “testwater” genoemd. Vanwege de samenstelling van het testwater is de opslag en verwerking van testwater ingewikkeld. Bovendien betreft het een relatief jonge branche waardoor weinig tot geen gebruik gemaakt kan worden van reeds opgedane ervaring, zowel binnen de vergunninghouders als de bevoegde gezagen. Momenteel wordt per gelegenheid of per regio in overleg met de bevoegde gezagen een maatoplossing gezocht, voor zowel de tijdelijke opslag als de verwerkingsroute.

Onderhavig onderzoek naar de verwerking van testwater geeft meer duidelijkheid ten aanzien van de verwerking van testwater vanuit technisch, maatschappelijk, juridisch en milieutechnisch oogpunt. Het doel is om te komen tot een onderbouwde beslisboom voor de verwerking van testwater afkomstig van geothermie. Het onderzoek leidt tevens tot een gemeenschappelijk beeld en gedeelde verwachtingen tussen de bevoegde gezagen en de operators met betrekking tot de mogelijkheden voor het verwerken van testwater. Het geeft een overzicht van de huidige stand van zaken.

Het onderzoek gaat verder waar vorige onderzoeken zijn gestopt. Hiertoe is allereerst het startpunt bepaald aan de hand van eerder uitgevoerde onderzoeken door andere partijen, een evaluatie van de laatste projecten en tot slot zijn er stakeholderoverleggen gevoerd met Rijkswaterstaat (RWS), de waterschappen, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) en het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK). In de overleggen zijn de uitgangspunten, voorkeuren en wensen van deze belangrijke stakeholders ontvangen, welke naar welbevinden van Royal HaskoningDHV zijn toegepast in dit onderzoek.

Op basis van literatuuronderzoek en informatie van operators is vervolgens onderzoek gedaan naar de volgende technische aspecten:

- De eigenschappen van het testwater: de samenstelling, het eventuele verloop in de kwaliteit en de hoeveelheid. Door de bandbreedte en grenswaarden van de eigenschappen van testwater te kennen, kunnen bepaalde oplossingsrichtingen mogelijk gemaakt of uitgesloten worden;
- Noodzaak en criteria voor tijdelijke opslag: er is onderzocht in hoeverre het tijdelijk opslaan van testwater noodzakelijk is en aan welke criteria eventuele opslagmogelijkheden dienen te voldoen;
- Mogelijkheid tot herinjectie van testwater;
- Zuiveringsmogelijkheden van testwater;
- Afvoer van testwater;
- Risico's van testwater tijdens het vullen van de tijdelijke opslag, het opslaan, het zuiveren en het afvoeren (HSE¹-aspecten zoals lekkage, stoomvorming en dergelijke).

¹ HSE: health, safety and environment

Daarnaast is een analyse uitgevoerd op de wet- en regelgeving waarbij is gekeken naar vigerend lokaal beleid en mogelijke wenselijke aanpassingen.

Gedurende de aanleg, het testen en het schoonspoelen van geothermie putten komt testwater in verschillende fases vrij. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende fases:

- 1 Schoonproduceren met (tijdelijke) ESP;
- 2 Productietest.

Bij de productietest komt in algemeen het grootste volume aan water vrij. De test verloopt volgens voorgeschreven procedures waardoor de kwantiteit van het vrijkomende water goed voorspelbaar is. Dit geldt in mindere mate voor het schoonproduceren van de put. Gebaseerd op gegevens van operators, heeft het geheel aan testwater een volume tussen 3.000 m³ en 5.000 m³. Het piekdebiet kan meer dan 200 m³/ uur bedragen.

De kwaliteit van testwater is zodanig dat het niet zonder meer geloosd kan worden op oppervlaktewater. Testwater bevat:

- Grote hoeveelheden zout (in de vorm van NaCl);
- Vaste delen (zand, klei en kalk);
- Overige natuurlijke stoffen (metalen, zwaveldioxide, methaan en andere koolwaterstoffen opgelost of gasvormig);
- Eventuele chemicaliën, toegevoegd aan het water ter voorkoming van corrosie in de verbuizing (normaliter alleen als put lang stil moet staan);
- Een hoge temperatuur;
- Zeer zorgwekkende stoffen;
- Radioactiviteit;
- Hulpstoffen.

Er is informatie over de verwerking van testwater van vijf projecten, uitgevoerd in 2017 en/of 2018 beschikbaar gesteld. Uit deze informatie blijkt dat bij vier van de vijf projecten het water gezuiverd is volgens het protocol opgesteld door WMinnovative en vervolgens (gedoseerd) geloosd is bij een vast lozingspunt op het (zoute) oppervlaktewater de Nieuwe Waterweg. Bij één project is het testwater deels afgevoerd naar een regionale rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) en deels geïnjecteerd.

Vervolgens zijn de praktijkervaringen van verschillende stakeholders geïnventariseerd. Deze zijn onderstaand weergegeven.

- Ruimtelijk probleem:
- met name in de bebouwde omgeving is de inpasbaarheid van opslagbassins een knelpunt en zou directe afvoer of opslag op afstand in (tijdelijke) bouwwerken in de nabije omgeving een alternatief zijn;
- Milieu:
 - bij het tijdelijk opslaan van testwater is meer aandacht nodig voor de toepassing van voldoende bodembeschermende maatregelen;
 - Het testwater wordt zonder overkapping opgeslagen, waardoor het risico bestaat dat het regenwater de kwaliteit van het testwater beïnvloedt en de bassins uiteindelijk kunnen overlopen. Gesloten opslagen om invloed van regenwater te minimaliseren is gewenst, indien dit uitvoerbaar is. Ook kunnen dampen risico's veroorzaken voor de omgeving;

- Wet- en regelgeving:
In de wetgeving (ten tijde van het opstellen van deze rapportage) is de activiteit opslaan en verwerking van testwater afkomstig van geothermie niet goed ondergebracht. Mede daardoor bestaat onduidelijkheid bij operators welke wet- en regelgeving wanneer van toepassing is.
- Veiligheid:
Er zijn zorgen om het aspect veiligheid (HSE) op het terrein en de installatie.

In totaal komt er per geslagen bron maximaal 5.000 m³ testwater vrij dat na zuivering veilig moet worden geloosd. In hoeverre testwater moet worden behandeld is afhankelijk van de afvoerroute en de hieraan gestelde specifieke eisen. Het testwater zal naast chemicaliën ook (opgeloste) bestanddelen bevatten die typerend zijn voor de bodem waaruit het water gewonnen wordt. Herinjectie van testwater is, vanuit belasting van de omgeving gezien, het meest aantrekkelijk omdat er geen stoffen naar de omgeving gaan maar terug naar de oorsprong worden gebracht. Zelfs in dat geval zal behandeling van het testwater, ter voorkoming van verstopping van de put, noodzakelijk zijn. Door de operators wordt herinjectie, juist vanwege de kans op verstopping, als risicovol beschouwd. De volgende opties (in voorkeursvolgorde vanuit de vigerende wet- en regelgeving) worden beschouwd:

- Herinjectie;
- Lozing op zout oppervlaktewater;
- Lozing op zoet oppervlaktewater;
- Verwerking op een RWZI;
- Afvoer per as naar een externe verwerker.

Door herinjectie van testwater is er een kans dat de injectiviteit van het reservoir aangetast wordt, met financiële consequenties tot gevolg. Het injecteren van testwater geniet voor de operator, vanwege de risico's, veelal niet de voorkeur. Op verzoek van de geothermische sector zijn daarom alternatieven voor herinjectie in dit rapport onderzocht in vergelijking tot andere mogelijkheden voor het verwerken van testwater.

Geconstateerd wordt dat de opties verschillend scoren op het gebied van investeringskosten, operationele kosten en energieverbruik of CO₂-emissies. In de kwalitatieve vergelijking scoort de lozing op oppervlaktewater het minste. Dit heeft ook te maken met het zoute karakter van het testwater.

De tijdelijke opslag in bassins of in tanks of silo's worden vanuit de Mijnbouwwet, Barmm/Activiteitenbesluit of het onderdeel milieu uit de Wabo de opslag gereguleerd. Hierbij is in de vigerende wet- en regelgeving beschreven waaraan voldaan moet worden zonder dat daaraan concreet invulling wordt gegeven. Voor de bescherming van het milieu, met name de bodem, moet voldaan worden aan een verwaarloosbaar bodemrisico conform de NRB.

Deze opvangbassins zijn conform de Nrb en het Barmm in de regel altijd voorzien van;

- voldoende opvangcapaciteit (5.000 – 6.000 m³);
- bodembeschermende voorzieningen waaronder dubbellaags folie van voldoende dikte (> 0,6 mm) en bestand tegen hoge temperaturen (≤ 90°C) of in geval van tanks of silo's voldoende containment;
- overvuldetectie en overloopbeveiliging met een afvoer-/drainagesysteem.

Aanvullend zijn de volgende maatregelen noodzakelijk:

- detectie-, pomp- en ontluchtingssystemen om de adequate werking van de folie te garanderen;
- peilbuizen om potentiële bodemverontreiniging te kunnen monitoren;

- afdekking of overkapping om vermenging met hemelwater en zuurstof (voor herinjectie is zuurstofloos water nodig), warmteverlies, verdamping/verneveling en maatschappelijke weerstand te voorkomen;
- reiniging van het opvangbassin na verwijdering testwater;
- interne procedures en werkinstructies m.b.t. veiligheid, inspectie, onderhoud en onvoorziene gevallen.

In onderstaande opsomming is de werkwijze voor verwerking van testwater weergegeven.

- 1 Indien in dezelfde omgeving reeds een doublet is aangelegd, betrek de kwaliteits- en kwantiteitsgegevens van het testwater bij dit project;
- 2 Indien de kwaliteit onvoldoende of niet bekend is, schat de kwaliteit van het testwater in;
- 3 Bepaal op basis van de kwaliteit en kwantiteit van het testwater, de geografische gegevens en het beslisschema, de lozingsoptie(s) tijdens de voorbereidingsfase;
- 4 Voer een initieel overleg met het bevoegd gezag;
- 5 Verwerk de input/consequenties van de bevindingen van stap 3 en 4 in het ontwerp van de boorlocatie en put;
- 6 Leg de boorput aan en realiseer afdoende opvangcapaciteit voor het testwater en de benodigde zuiveringstechnieken;
- 7 Bepaal de kwaliteit en kwantiteit van het testwater;
- 8 Controleer of dit volgens de voorschriften zoals opgenomen in de vergunning mag worden geloosd;
- 9 Indien dit niet past binnen de vergunning doorloop dan het beslisschema opnieuw (andere/aanvullende zuiveringstechniek of een wijziging van de vergunning);
- 10 Monitor de lozing/afvoer van het testwater.

Zoals blijkt uit deze rapportage is er nog een aantal aspecten waarbij het wordt aanbevolen om deze nader te onderzoeken/uit te werken. Onderstaand is een overzicht gegeven van deze aspecten en is een korte toelichting gegeven.

- Voer een nader onderzoek uit naar de (on)mogelijkheden van herinjectie en ontwikkel een afwegingskader voor herinjectie. Vanuit milieuoogpunt en op basis van het nationale beleid verdient herinjectie de voorkeur. Door de (on)mogelijkheden te beschrijven en een afwegingskader te ontwikkelen wordt het zowel voor de operator als voor het bevoegd gezag duidelijker wanneer herinjectie een goede optie is en hoe verstoppingsrisico's kunnen worden geminimaliseerd.
- Voer een ABM-toets uit voor de meest voorkomende hulpstoffen.
Naar verwachting worden dezelfde hulpstoffen (weliswaar met andere merknamen) gebruikt bij het ontwikkelen van de putten. Restanten van de hulpstoffen komen voor in het testwater. Door een ABM toets uit te voeren en samen te vatten in een document kan tijd gewonnen worden tijdens de vergunningaanvraag voor zover gebruikt gemaakt wordt van de hulpstoffen die reeds zijn getoetst. Het geeft ook inzicht in de waterbezwaarlijkheid van de stoffen, waardoor overwogen kan worden om op zoek te gaan naar minder waterbezwaarlijke alternatieven.
- Ontwikkeling van een algemeen VG plan en RI&E.
Het ontwikkelen van een algemeen VG plan zorgt er voor dat de algemene aspecten overgenomen kunnen worden en er vanuit dit plan specifiek gekeken kan worden naar de specifiek voor de locatie van toepassing zijnde aspecten. Hetzelfde geldt voor de RI&E. Op deze wijze kunnen de 'lessons learned' ook een plek krijgen en meegenomen worden naar de volgende locatie.

- Ontwikkeling van een veiligheidscultuur.
Het betreft een relatief jonge sector waarbij de ervaring vaak lokaal gebonden is. En het inschatten van onveilige situaties is vaak gebaseerd op eerdere ervaringen. Die zijn er niet of niet zoveel. Door gebruik te maken van de lessons learned vanuit de olie en gas sector, maar ook door ze te bundelen, kan hiervan gebruik gemaakt worden bij de ontwikkeling van de volgende locatie. Belangrijk is ook operators op te leiden en weer opnieuw in te zetten op de volgende locatie.
- Ontwikkel een standaard waaraan opslagvoorzieningen moeten voldoen.
- Overweeg de ontwikkeling van meerdere afvalwaterzuiveringen gericht op verwerking van testwater gelegen aan brak/zout oppervlaktewater.
Testwater is zout van karakter, maar vanwege de andere verontreinigingen is behandeling in een waterzuiveringsinstallatie vaak noodzakelijk. Echter zout kan remmend werken of zelfs toxisch zijn voor een biologische reiniging wanneer het aandeel zout, ten opzichte van de normale aanvoer, relatief groot is. Dit is alles minder van belang zodra geloosd kan worden op een zoute afvalwaterzuiveringsinstallatie. Deze is reeds geadapteerd aan het zout en is daardoor ook beter in staat om deze stroom te verwerken.
- Ontwikkel een mobiele afvalwaterzuivering.
- Testwater verschilt per locatie qua kwaliteit, maar in grote lijnen moet dezelfde verontreiniging worden verwijderd voor een van de 4 lozingsopties. Door een mobiele afvalwaterzuiveringsinstallatie te ontwikkelen, kan deze op diverse locaties worden ingezet en is er ook een uitspraak mogelijk over het verwijderingsrendement.
- Onderzoek of portfolio benadering een betere indicatie geeft bij boringen/winningen in hetzelfde gebied voor wat betreft de kwaliteit van het testwater.
De ervaring leert dat op dit moment de kwaliteit van het testwater vaak niet bekend is. Hierdoor moet het opgeslagen worden totdat de kwaliteit bekend is en de afvoerroute geselecteerd kan worden. Mogelijk kan een portfolio een betere indicatie geven van de te verwachten kwaliteit van het testwater.
- Creëer bewustzijn dat naast het slagen van de boring en de winning, de aspecten milieu en veiligheid ook belangrijk zijn. Ook voor dit aspect kan gebruik gemaakt worden van de lessons learned uit de olie en gas industrie.
- Onderzoek de eventuele ophoping van radioactiviteit in installatieonderdelen zoals warmtewisselaars, maar ook het testwater zelf. Stel waar nodig overkoepelende instructies op.
- Betrek een onafhankelijke adviseur vanaf het begin van de ontwikkeling van een put.
Door een onafhankelijke ter zake kundig adviseur vanaf het prille begin te betrekken in het proces kan deze reflecteren op de gemaakte keuzes en alternatieven voorstellen en een intermediaire rol spelen richting de verschillende stakeholders. Op deze manier kan technische kennis en kennis van wet- en regelgeving worden gecombineerd van waaruit verbeteringen worden ontwikkeld die inbedding in wet- en regelgeving kan worden versoepeld.

Lijst van afkortingen

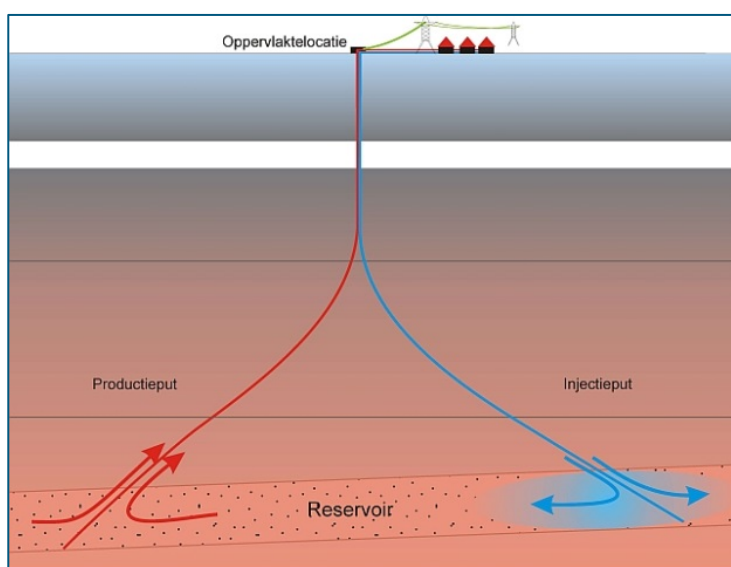
Lijst van afkortingen	
AKF	Actieve koolfilter
AWZI	Afvalwaterzuiveringsinstallatie
Barmm	Besluit algemene regels milieu mijnbouw
BBT	Beste beschikbare technieken
Blbi	Besluit lozen buiten inrichtingen
BTEX	Benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylene
Cd	Cadmium
CO ₂	Koolstofdioxide
Cu	Koper
CVM	Combinatie van voorzieningen en maatregelen
Cr	Chroom
CZV	Chemisch zuurstofverbruik
ESP	Electric submersible pump
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Fe	IJzer
FeCl ₃	IJzerchloride
H ₂ S	Waterstofsulfide
HCl	Zoutzuur
Hg	Kwik
HSE	Health, safety and environment
LAP	Landelijk Afvalbeheerplan
MVR	Mechanical vapour recompression (verdampingsinstallatie)
Na	Natrium
NaOH	Natriumhydroxide
Ni	Nikkel
NORM	Naturally occurring radioactive material
NRB	Nederlandse Richtlijn Bodembescherming
pH	Zuurgraad
Rarmm	Regeling algemene regels milieu mijnbouw
RI&E	Risico-Inventarisatie en Evaluatie

Lijst van afkortingen	
RO	Reverse osmosis
RWS	Rijkswaterstaat
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
TOC	Total organic carbon (Totaal organisch koolstof)
PAC	Poly Aluminium Chloride
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
Pb	Lood
PGS	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen
VG	Veiligheid- en gezondheidsdocument
VOX	Volatile organic compound
Wabo	Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (ookwel omgevingsvergunning)
Wtw	Waterwet
Zn	Zink
ZZS	Zeer zorgwekkende stoffen

1 Inleiding

1.1 Geothermie en testwater

Geothermie is het winnen van aardwarmte. Bij deze energietechnologie wordt met behulp van diepe boring het van nature aanwezig water uit de ondergrond opgepompt. De warmte wordt eruit gehaald en vervolgens wordt het afgekoelde water teruggevoerd via het tweede boorgat in dezelfde watervoerende laag op enkele kilometers afstand van de inlaat. Dit geothermisch systeem wordt een doublet genoemd en is weergegeven in Figuur 1.1. Geothermie kan als duurzaam alternatief voor aardgas ingezet worden voor het verwarmen van onder andere tuinbouwkassen, industrie en woningen.



Figuur 1.1: Geothermisch doublet⁽²⁾

Een geothermiedoublet is bovengronds een gesloten systeem. Dat wil zeggen dat het water uit het reservoir niet in aanraking komt met het bovengrondse milieu. Aanraking met dit milieu is ongewenst, omdat het water van samenstelling verschilt van grond- en oppervlaktewater, door de aanwezigheid van zouten, metalen en koolwaterstoffen. De warmte wordt daarom na productie direct uit het water gewonnen door middel van een warmtewisselaar, waarna het water terug de ondergrond wordt geïnjecteerd.

Bij de realisatie van een geothermieproject komt eenmalig een hoeveelheid reservoirwater vrij dat niet (direct) terug de ondergrond geïnjecteerd kan worden. Dit water komt vrij bij het schoonspoelen en testen van (een van) de putten en wordt “testwater” genoemd. De verwerking van het testwater vormt momenteel een lastig punt dat per gelegenheid wordt opgelost, maar waarvoor een meer structurele oplossing gewenst is op nationaal niveau.

² Bron: www.3menc-test.nl

1.2 Probleemstelling en doel van het project

1.2.1 Geothermie

Vanwege de samenstelling van het testwater is de opslag en verwerking van testwater ingewikkeld. Bovendien betreft het een relatief jonge branche waardoor weinig tot geen gebruik gemaakt kan worden van reeds opgedane ervaring, zowel binnen de vergunninghouders als de bevoegde gezagen. Momenteel wordt per gelegenheid of per regio in overleg met de bevoegde gezagen een maatoplossing gezocht, voor zowel de tijdelijke opslag als de verwerkingsroute.

Risico's met betrekking tot testwater ontstaan bij de opslag, zuivering en tijdens afvoer. Het veilig en lekvrij opslaan en verwerken vraagt om een goed ontwerp, de juiste maatregelen en adequate monitoring. Eerder onderzoek van KennisAgenda Aardwarmte toont verschillende mogelijkheden, maar komt niet tot een conclusie met toepasbare werkwijze. Specifiek onderzoek door WMinnovative geeft suggesties voor verwerking van testwater uit geothermieputten in Zuid-Holland. Beide onderzoeken geven waardevolle inzichten, op basis waarvan gekomen kan worden tot een oplossing die gedragen wordt door zowel de operators als door de bevoegde gezagen en directe stakeholders. Onderhavig onderzoek naar de verwerking van testwater geeft meer duidelijkheid ten aanzien van de verwerking van testwater vanuit technisch, maatschappelijk en milieutechnisch oogpunt. Dit onderzoek is gefinancierd vanuit Kas Als Energiebron programma (LTO Glaskracht Nederland en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit).

1.2.2 Doelstelling

Dit onderzoek heeft tot doel te komen tot een onderbouwde beslisboom voor de verwerking van testwater afkomstig van geothermie. In bijlage 2 zal een voorstel worden gedaan voor elementen die kunnen worden opgenomen in een nog te ontwikkelen industriestandaard. De ontwikkeling van de industriestandaard valt buiten de scope van het project.

1.2.3 Resultaat

Het onderzoek leidt tot duidelijkheid met betrekking tot de mogelijkheden in het omgaan met testwater, zowel technisch als juridisch. Dit wordt beschreven in onderhavige rapportage, met in de bijlage de beslisboom met verwerkingsmogelijkheden, daar waar mogelijk gebiedsgericht ingevuld.

Het onderzoek leidt tevens tot een gemeenschappelijk beeld en gedeelde verwachtingen tussen de bevoegde gezagen en de operators met betrekking tot de mogelijkheden voor het verwerken van testwater.

Dit onderzoek geeft de huidige stand van zaken weer en er wordt een voorstel gedaan voor elementen die kunnen worden opgenomen in een industriestandaard.

1.3 Leeswijzer

In dit onderzoeksrapport worden de onderzoekresultaten uitgewerkt. In het rapport wordt ter introductie in Hoofdstuk 1 kort ingegaan op geothermie, de probleemstelling en de doelstelling van het project. In hoofdstuk 2 wordt de methodologie beschreven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 een beschrijving gegeven van de huidige praktijk. Het testwater moet voordat het geloosd kan worden nog worden behandeld. Eventuele technieken hiervoor worden beschreven in hoofdstuk 4. De wet en regelgeving wordt in hoofdstuk 5 nader beschouwd. In respectievelijk hoofdstuk 6 en 7 wordt een nadere toelichting gegeven van de opslag in tijdelijke opslagvoorzieningen en de verwerkingsroutes. Tot slot wordt in hoofdstuk 8 een voorstel gedaan voor werkwijzen en worden de aanbevelingen beschreven.

2 Methodologie

2.1 Aanpak onderzoek

Het onderzoek gaat verder waar vorige onderzoeken zijn gestopt. Hiertoe is allereerst het startpunt bepaald aan de hand van:

- Het onderzoek van IF Technology, *Lozing van testwater bij geothermieprojecten – afwegingskader*: hierin worden de mogelijkheden tot verwerking van testwater uiteengezet, inclusief kosten en maatschappelijke aanvaardbaarheid. Het onderzoek geeft waardevolle inzichten, maar komt niet tot een conclusie met een toepasbare werkwijze.
- Het onderzoek van WMinnovative, *Zuivering geothermisch formatie water*: hierin wordt de gangbare methode van zuivering van testwater beschouwd. De methodiek is in samenwerking met Rijkswaterstaat als voorlopige Best Beschikbare Techniek (BBT) aangemerkt en is de standaard voor projecten in Zuid-Holland. Het onderzoek gaat niet in op de noodzaak en alternatieven van opslag, alternatieve zuiveringsmogelijkheden en afvoermogelijkheden.
- Evaluatie laatste projecten: naast gebruik van de onderzoeken wordt gekeken naar de gehanteerde methoden van geothermieprojecten uitgevoerd in de afgelopen twee jaar en is een geothermielocatie in ontwikkeling bezocht. De resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 4 Huidige praktijk.
- Tot slot zijn stakeholderoverleggen gevoerd met Rijkswaterstaat (RWS), de waterschappen, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) en het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK). In de overleggen zijn de uitgangspunten, voorkeuren en wensen van deze belangrijke stakeholders ontvangen, welke zo goed als mogelijk zijn toegepast in dit onderzoek. De resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 3 Huidige praktijk.

Op basis van literatuuronderzoek en informatie van operators is vervolgens onderzoek gedaan naar de volgende technische aspecten:

- De eigenschappen van het testwater: de samenstelling, het eventuele verloop in de kwaliteit en de hoeveelheid. Door de bandbreedte en grenswaarden van de eigenschappen van testwater te kennen, kunnen bepaalde oplossingsrichtingen mogelijk gemaakt of uitgesloten worden.
- Noodzaak en criteria voor tijdelijke opslag: er is onderzocht in hoeverre het tijdelijk opslaan van testwater noodzakelijk is en aan welke criteria eventuele opslagmogelijkheden dienen te voldoen.
- Mogelijkheid tot herinjectie van testwater;
- Zuiveringsmogelijkheden van testwater;
- Afvoer van testwater;
- Risico's van testwater tijdens het vullen van de tijdelijke opslag, het opslaan, het zuiveren en het afvoeren (HSE³-aspecten zoals lekkage, stoomvorming en dergelijke);

Daarnaast is een analyse uitgevoerd op de wet- en regelgeving waarbij is gekeken naar:

- Vigerend (lokaal) beleid;
- Mogelijke wenselijke aanpassingen.

³ HSE: health, safety and environment

Tot slot zijn op basis van voorgaand onderzoek de verwerkingsroutes opgesteld. Uit de opgestelde beslisboom volgen voorstellen voor elementen voor de industriestandaard.

2.2 Scope van het onderzoek en definities

In de ontwikkeling van een geothermieproject komt water vrij in verschillende stadia:

- 11 Schoonpompen van de put waarbij het eerste vuil wordt verwijderd (bevat boorspoeling en boorgruis);
- 12 Schoonproduceren;
- 13 Productietest.

In alle stadia's komt water vrij. Op het moment dat de houder zich ervan wil ontdoen, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen valt het onder de definitie van afvalwater zoals opgenomen in de Wet milieubeheer. In de vigerende wet- en regelgeving wordt geen definitie gegeven van de begrippen spoelwater of testwater. In de branche wordt het afvalwater afkomstig van stadia 2 en 3 testwater genoemd. Dit onderzoek richt zich op het afvalwater dat vrijkomt in deze 2 stadia.

Water dat in stadium 1 vrijkomt wordt als afvalwater beschouwd en is geen onderdeel van dit onderzoek. Dit afvalwater bevat boorspoeling, een mengsel van spoelwater, emulgatoren en mogelijk olie, chemicaliën en mijnbouwhulpstoffen. Het type boorspoeling en de exacte samenstelling van boorspoeling is afhankelijk van de aardlagen waarin wordt geboord en de wijze van boren.

Het water dat gedurende het boren naar de oppervlakte wordt getransporteerd bevat naast boorspoeling ook boorgruis. Het gruis wordt meestal ter plaatse gezeefd van de boorspoeling, waarna de boorspoeling opnieuw gebruikt kan worden. De samenstelling zal per situatie verschillen op basis van welke type boring en type boormud die wordt toegepast. Bij het boren worden hulpstoffen gebruikt, deze zijn nader gespecificeerd in paragraaf 3.2.2. Het gefilterde gruis en afvalwater moet worden afgevoerd voor externe verwerking.

Het geheel aan water uit stadia 2 en 3 wordt in deze rapportage testwater genoemd. Dit water wordt beschouwd in dit onderzoek. Bij het schoonproduceren van een put wordt water opgepompt totdat het sediment in het water in concentratie stabiliseert. Dit wordt visueel vastgesteld en betreft dus de overgang van boorvloeistof naar test- en productiewater. Het stabiliseren van geleidbaarheid en de pH zijn indicatoren naast de visuele beoordeling.

Bij de productietest wordt vervolgens gekeken of de productie overeenkomt met de verwachtingen qua temperatuur en debiet.

Tijdens stadia 2 en 3 kan blijken dat de put niet optimaal produceert. In dat geval wordt zuur aan de put toegevoegd om het filter schoon te krijgen. Het zure water kan ook leiden tot het in oplossing gaan van metalen. Dit water moet apart worden opgevangen en als afvalstof naar een externe verwerker worden afgevoerd. Ten overvloede, dit water is niet het testwater zoals bedoeld in deze rapportage.

Na ingebruikname van de put kunnen onderhoudswerkzaamheden plaatsvinden waarbij tevens testwater kan vrijkomen. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek en is derhalve niet nader beschouwd.

Reservoirwater is water in diepe grondlagen dat geen deel uitmaakt van de natuurlijke waterkringloop. Bij geothermie wordt reservoirwater opgepompt (geproduceerd) en na afgifte van de warmte door middel van een gesloten systeem terug in de diepe ondergrond gebracht (geïnjecteerd).

Opslag van testwater

De tijdelijke opslag van testwater kan plaatsvinden in bassins of zakken, maar ook in bouwwerken zoals silo's, tanks of betonnen bakken. Deze tijdelijke opslagmethoden worden in dit onderzoek beschouwd.

Onderscheid conventionele geothermie en ultradiepe geothermie

Dit onderzoek richt zich op de verwerking van testwater in projecten in de conventionele geothermiesector, doorgaans gedefinieerd als projecten die aardwarmte winnen op een diepte van 1.500 meter tot 3.500 of 4.000 meter. Projecten in de ultradiepe geothermiesector richten zich op diepten van circa 5.000 tot 6.000 meter. Dergelijke projecten zijn in Nederland nog niet tot uitvoer gebracht, waardoor de samenstelling van testwater onbekend is en niet vastgesteld kan worden in hoeverre dit onderzoek ook toepasbaar is op ultradiepe geothermie.

Tot slot wordt opgemerkt dat dit onderzoek zich richt op een boring ten behoeve van de winning van aardwarmte. Vanuit de Mijnbouwwet wordt namelijk onderscheid qua regelgeving gemaakt tussen een proefboring en een boring ten behoeve van winning. In praktijk van geothermie wordt de proefboring vaak deel van het doublet en daarmee een winningsboring.

3 Huidige praktijk

3.1 Projectcyclus geothermie

In onderstaande figuur zijn de verschillende fases van een geothermieproject vereenvoudigd weergegeven.



Figuur 3.1: Vereenvoudigd doorloopschema van typisch geothermieproject met een normale doorlooptijd van circa 3 jaar voor de ontwikkeling van een geothermieproject tot aan productie.

3.1.1 Vorbereiding/ontwikkeling

In deze fase wordt het geothermieproject voorbereid. De business case wordt opgesteld en er wordt gekeken naar financierings- en subsidiemogelijkheden. Een eerste geologisch onderzoek wordt uitgevoerd, eventueel met behulp van seismische apparatuur, om de ondergrond in beeld te brengen. Indien noodzakelijk is een aanvraag voor bestemmingswijziging noodzakelijk en dienen de regels voor de ruimtelijke ordening te worden getoetst. Daarnaast wordt de opsporingsvergunning in het kader van de Mijnbouwwet en de Wabo-vergunning⁴ oprichting mijnbouwwerk voor de onderdelen bouw, aanleg (boor en testfase) en bedrijven (boren en testen) aangevraagd.

⁴ Wabo: Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht, ookwel aangehaald als de omgevingsvergunning

3.1.2 Constructiefase 1

Gedurende de eerste constructiefase wordt de boorlocatie aangelegd en gereed gemaakt voor het boren. Voorafgaand wordt het ontwerp van de boorlocatie het putontwerp opgesteld. In het putontwerp wordt het moment van testen bepaald. SodM accepteert het boorplan tot op heden alleen indien er een oplossing voor de testwater verwerking inclusief een fall back scenario gereed is (herinjectie en afvoeroute).

3.1.3 Boren en testen

De werkzaamheden in deze fase bestaan uit het boren en testen van de putten. Gewoonlijk wordt gestart met het boren van de productieput, waarna deze wordt getest. Na een positieve test (productiviteits index en debiet) wordt de tweede put (injectieput) geboord. Het testwater wordt tijdelijk opgeslagen. Afhankelijk van het project wordt het testwater bemonsterd en geanalyseerd en afhankelijk van de resultaten gezuiverd en afgevoerd of geïnjecteerd in de injectieput, in deze of een van volgende fasen.

Het schoonmaken van een put is cruciaal. Het vergaren van data, de testfase dus, is niet cruciaal voor een technisch geslaagd project. Data vergaren is weliswaar een nice-to-have gedurende deze fase, maar de test zou flink ingekort kunnen worden totdat genoeg data vergaard zijn om de keuze voor een tweede put te maken. De huidige testfase duurt echter langer dan puur noodzakelijk, omdat de subsidieverstrekker die data wil hebben. Echter, die data kunnen ook op een later tijdstip vergaard worden, als de tweede put geboord is, en er dus geen noodzaak voor opslag meer is.

De hoeveelheid testwater, en dus de grootte van het probleem, kan dus verkort worden als de subsidieverstrekker hier rekening mee gaat houden.

3.1.4 Constructiefase 2

Na het boren van de putten vindt de afbouw van de bovengrondse installaties plaats, zoals de warmtewisselaar, filtersystemen, ontgasser, etc. Indien de productietest niet met de uiteindelijke Electric Submersible Pump (ESP) wordt uitgevoerd, wordt in deze fase ook de ESP geïnstalleerd.

3.1.5 Exploiteren

Nadat de geothermie installatie volledig is opgebouwd wordt deze in bedrijf genomen door warm productiewater uit het reservoir op te pompen en door een warmtewisselaar te voeren. In de warmtewisselaar geeft het warme productiewater haar warmte af aan het water in het netwerk voor de distributie van warmte. De beide systemen staan niet met elkaar in contact. Dit warmtenetwerk distribueert de warmte naar de aangesloten kassen, bedrijven en/of woningen. Het afgekoelde productiewater wordt als injectiewater via de tweede put in de grond geïnjecteerd.

3.1.6 Abandonnering

Na het sluiten van de installatie kan de installatie worden verwijderd. Onder verantwoording van de vergunninghouder (praktijk operator) wordt de locatie in oorspronkelijke staat hersteld.

3.2 Samenstelling testwater

3.2.1 Kwantiteit

Gedurende de aanleg, het testen en het schoonspoelen van geothermieputten komt testwater in verschillende fases vrij. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende fases:

1. Schoonproduceren met (tijdelijke) ESP;
2. Productietest.

Bij de productietest komt in algemeen het grootste volume aan water vrij. De test is nodig om aan te kunnen tonen aan subsidieverstrekkers en financiers dat het project kan worden doorgezet. Gebaseerd op gegevens van operators heeft het geheel aan testwater een volume tussen 3.000 m³ en 5.000 m³. Het piekdebiet kan meer dan 200 m³/ uur bedragen.

3.2.2 Kwaliteit

De kwaliteit van testwater is zodanig dat het niet zonder meer geloosd kan worden op oppervlaktewater. Testwater bevat:

- Grote hoeveelheden zout (in de vorm van NaCl);
- Vaste delen (zand, klei en kalk);
- Overige natuurlijke stoffen (metalen, zwaveldioxide, methaan en andere koolwaterstoffen opgelost of gasvormig);
- Eventuele chemicaliën, toegevoegd aan het water ter voorkoming van corrosie in de verbuizing (normaliter alleen als put lang stil moet staan);
- Een hoge temperatuur.

Om een beeld te krijgen van de samenstelling van het testwater, zijn de kwaliteitsgegevens van het testwater opgevraagd bij bestaande doubletten. Deze gegevens zijn in de tabel hieronder gebundeld.

Tabel 3.1 geeft een samenvatting van gemiddelde concentraties in het testwater van zes doubletten en in enkele gevallen een range.

Tabel 3.1: Kwaliteit testwater ⁵

Parameter	Concentratie	Eenheid
pH	5,8 - 7,7	-
Geleidbaarheid (25°C)	140.000	mS/cm
CZV	7.570	mg/l
Chloride	65	g/l
TOC	120	mg/l
Naftaleen	<0,2 - 8,7	µg/l
Som PAK (EPA)	0,23 - 8,8	µg/l
BTEX	<0,2 - 180	µg/l
VOX	<5,0	µg/l
Minerale olie	<50 – 1.250	µg/l
Cadmium (Cd)	0,2 - 0,92	µg/l
Kwik (Hg)	<0,05 - 0,2	µg/l
Koper (Cu)	<2 – 87	µg/l
Nikkel (Ni)	5,2 - 110	µg/l
Lood (Pb)	<2 – 18	µg/l
Zink (Zn)	<10 - 390	µg/l
Chroom (Cr)	<4 - 520	µg/l
IJzer (Fe)	8,6 - 9,4	mg/l
Natrium (Na)	3,7 – 26	g/l
Onopgeloste bestanddelen / Zwevende stof	29	mg/l

Er zijn drie fasen te onderscheiden:

- 1 Schoonpompen van de put waarbij het eerste vuil wordt verwijderd (bevat boorspoeling en boorgruis);
- 2 Schoonproduceren;
- 3 Productietest.

Er is hierbij een onderscheid te maken tussen de kwaliteit van het testwater per fase. In fase 1 bevat het testwater boorgruis, boorspoeling, emulgatoren en chemicaliën, etc. Tijdens fase 2 zijn afgezien van een beperkt gehalte aan onopgeloste bestanddelen geen andere verontreinigingen behalve de natuurlijke gehalten aan zware metalen en zout meer aanwezig in het testwater. In de laatste fase zijn de onopgeloste bestanddelen beperkt aanwezig of geheel afwezig.

Mogelijk worden tijdens de tijdelijke opslag van het testwater van fase 2 en 3 hulpstoffen toegevoegd aan het testwater.

⁵ De in de tabel weergegeven getallen betreft een gemiddelde of een range van verzamelde gegevens. Hierdoor zijn eventuele afwijkingen mogelijk.

Zeer zorgwekkende stoffen

Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) zijn stoffen die gevaarlijk zijn voor mens en milieu omdat ze bijvoorbeeld kankerverwekkend zijn, de voortplanting belemmeren of zich in de voedselketen ophopen. De stoffen waarvan een sterk vermoeden bestaat dat ze dat zijn de zogenoemde potentieel ZZS. Op basis van de parameters uit bovenstaande tabel blijkt dat er in het testwater zogenoemde ZZS kunnen voorkomen. Voorbeelden hiervan zijn kwik en lood. Een uitputtende lijst wordt hier niet gegeven, omdat deze aan verandering onderhevig is. Nadere informatie is te vinden via de website van het RIVM⁶. De overheid pakt deze stoffen met voorrang aan. Deze stoffen zijn onlosmakelijk verbonden met het proces en veelal van natuurlijke oorsprong. Geadviseerd wordt om hier rekening mee te houden tijdens de opslag van het testwater en tijdens de aanvraag voor de lozing van het testwater. Overigens wordt opgemerkt dat afhankelijk van de gebruikte hulpstoffen deze een potentiële bron vormen van ZZS. Bij toetsing van de grond- en hulpstoffen conform de ABM toets wordt eveneens duidelijk of de stof geclassificeerd moet worden als een ZZS.

Radioactiviteit

Radioactieve elementen, afkomstig van het verval van natuurlijk uranium en thorium, zijn overal aanwezig in de aardkorst. Sommige natuurlijke radioactieve stoffen (NORM, "*Naturally Occurring Radioactive Material*") bevatten elementen zoals radium en radon die in grondwater oplossen. Bij het oppompen van grondwater in een geothermische installatie is het mogelijk dat kleine hoeveelheden radioactieve stoffen mee naar de oppervlakte komen, waar ze kunnen vrijkomen of zich afzetten in filters of op de wanden van de opslagtanks. Radioactiviteit hecht zich hier vooral aan vaste deeltjes/sludge en is daarmee, op basis van expert judgement, nauwelijks in het testwater zelf aanwezig. Er zijn echter niet voldoende meetgegevens beschikbaar om hier een oordeel over te vellen. Aanbevolen wordt om meer kennis te vergaren rondom radioactiviteit in testwater.

Hulpstoffen

Gedurende het oppompen, het opslaan en het verwerken van het testwater worden hulpstoffen toegevoegd aan het water om bijvoorbeeld corrosie van de installaties, biologische aangroei in het opslag bassin tegen te gaan (inhibitor) en om (ijzer)oxidatie in de putten (en daarmee verstopping) te voorkomen (scavenger). In een in 2019 verschenen rapport wordt nader ingegaan op toepassing van deze stoffen en de (milieu)impact van inhibitoren⁷.

⁶ <https://rvs.rivm.nl/stoffenlijsten/Zeer-Zorgwekkende-Stoffen>

⁷ Onderzoek (milieu)impact inhibitoren geothermie, Witteveen+Bos, 21 januari 2019, ref 104867/18-019.751

3.3 Praktijkervaringen

Om een beeld te krijgen van de ervaringen rondom de verwerking van testwater, is een inventarisatie onder bestaande operators en bevoegd gezag uitgevoerd. De informatie is aangevuld met informatie uit eerder onderzoek van KennisAgenda Aardwarmte.

3.3.1 Wijze van verwerking testwater recente projecten

Er is informatie over de verwerking van testwater van vijf projecten, uitgevoerd in 2017 en/of 2018, beschikbaar gesteld. Uit deze informatie blijkt dat bij vier van de vijf projecten het water gezuiverd is volgens het protocol opgesteld door WMinnovative en vervolgens (gedoseerd) geloosd is bij een vast lozingspunt op het (zoute) oppervlaktewater de Nieuwe Waterweg. Bij één project is het testwater deels afgevoerd naar een regionale rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) en deels geïnjecteerd.

Tabel 3.3: Lozingsroute testwater geothermie

Project	Verwerking testwater
ECW Andijk (2018)	Afvoeren deels naar RWZI (Andijk) en deels herinjectie
Geopower Oudcamp (2017)	Indirect lozen op zout oppervlaktewater (Nieuwe Waterweg) na zuivering in AWZI
Haagse Aardwarmte Leyweg (2018)	Indirect lozen op zout oppervlaktewater (Nieuwe Waterweg) na zuivering in AWZI
Trias Westland (2017)	Indirect lozen op zout oppervlaktewater (Nieuwe Waterweg) na zuivering in AWZI
Warmtebedrijf Bergschenhoek (2017)	Indirect lozen op zout oppervlaktewater (Nieuwe Waterweg) na zuivering in AWZI

3.3.2 Ervaringen operators

Uit inventarisatie onder operators blijkt dat operators problemen ondervinden met:

- onbekende waterkwaliteiten:
Omdat de kwaliteit van het testwater vrijwel nooit vooraf bekend is, is het lastig om op voorhand de lozingsroute te bepalen en een vergunning aan te vragen. Het is daarom wenselijk om naast een vergunning voor herinjectie, een vergunning te hebben voor een andere lozingsroute.
- lange proceduredtijden.
Het ontwerp- en definitief besluit worden beiden 6 weken ter visie gelegd. Inclusief de voorbereidingen en het vooroverleg kan de gehele procedure uit meer dan 8 maanden bestaan.
- tijdelijke opslag in bassins. Als de lozing niet direct mogelijk is, dient het testwater voor langere tijd te worden opgeslagen.
De capaciteit van de testbassin(s) dient voldoende groot te zijn. Als gevolg van regen kunnen de onoverdekte bassins anders te snel vollopen met het risico op overloop. Daarbij verlaagt de regen de concentraties aan zouten, en daarmee de dichtheid van het testwater, wat een nadelige invloed heeft op de herinjectie door de dichtheidsverschillen.
- onvoldoende opslagcapaciteit.
In bijvoorbeeld een stedelijke omgeving kan het voorkomen dat, vanwege ruimtegebrek het niet eenvoudig is om testwater op te slaan. Directe afvoer heeft dan de voorkeur;
- toenemende kosten in verband met opgelegde beperkingen rond het afvoeren van testwater zoals extra onderzoekskosten, extra bassins, extra zuiverings- en afvoerkosten.

3.3.3 Ervaringen SodM

Tijdens overleg met SodM in april 2018 zijn de onderstaande aandachtspunten naar voren gekomen. SodM ervaart problemen met:

- slechte planning. Vanwege slechte planning ontstaan onwenselijke situaties waarbij operators op elkaar aan het wachten zijn om te kunnen lozen.
- de arbeidsomstandigheden bij het doseren en de opslag van chemicaliën. Duidelijke richtlijnen zijn noodzakelijk.
- het toepassen van bodembeschermende voorzieningen. Het toepassen van de voorzieningen gebeurt niet altijd adequaat. Bovendien voldoen niet alle toegepaste voorzieningen aan de Nederlandse richtlijn bodembescherming (NRB) (dubbellaags folie, voldoende dikte folie (> 0,6 mm), bestand tegen 90°C).
- de afscherming van het terrein. Het terrein is vaak niet afgeschermd waardoor onbevoegden bij het bassin kunnen komen.
- de verantwoordelijkheid voor het bassin. De eindverantwoordelijkheid ligt altijd bij de operator, ook indien er onduidelijkheid over het eigenaarschap van het bassin bestaat.
- de bodemrisicoanalyses van het bassin. De bodemrisicoanalyse, de nulmeting en de nameting worden niet altijd adequaat uitgevoerd. Bovendien dient in het bassin aan weerszijde een peilbuis aanwezig te zijn. Dit is een eis vanuit Barmm, maar wordt lang niet altijd uitgevoerd.

3.3.4 Ervaringen waterbeheerders

Naar aanleiding van de vraag naar bevindingen, knel- en verbeterpunten tijdens geothermieprojecten, is een aantal voorbeelden genoemd. Deze worden opgenomen in het eindproduct (rapportage) van onderhavig onderzoek. Hieronder is een aantal opgesomd.

- Vergunningen worden te laat aangevraagd (al begonnen met project en nog niet nagedacht over waterafvoer);
- Afstemming tussen diverse stakeholders (RWS, waterschappen, SodM) mist vaak en de coördinatie ontbreekt. Daarnaast komt het voor dat operators tegelijk projecten uitvoeren, waardoor er problemen kunnen ontstaan met lozen van testwater via hetzelfde lozingspunt. Hierbij mist voldoende coördinatie;
- Herinjectie wordt te snel als reële verwerkingsmogelijkheid overgeslagen omdat dit mogelijk kan leiden tot verstopping van de putten. Aan groei van kennis en ervaring bij de operators wordt door de sector gewerkt. Innovatie en kennis met nadruk op herinjectie moet worden uitgebreid;
- Aandachtspunten opslagvoorziening:
Voldoende sterkte (doorbreken dijken) van de wanden, de afvoervoorzieningen, het voorkomen van overlopen, de lasnaden van de gebruikte folie, de bestendigheid tegen chemicaliën, pH-invloed (zuur), de temperatuur van het opgeslagen medium en het effect daarvan op de opslagvoorziening, enz. Naast de gebruikelijke bassins zijn ook ander opslagvoorzieningen mogelijk;
- Communicatie naar de omgeving kan worden verbeterd;
- Het aspect veiligheid, zowel bij de afvalwaterzuiveringinstallatie als bij het opslagbassin. Het voorkomen van dat personen in het bassin vallen en de aanwezigheid van uitklimvoorzieningen;
- Het ontbreken van informatie over en het doel van de gebruikte hulpstoffen;
- Van het spoelwater van de filters dat wordt behandeld in de testwater zuivering is de samenstelling veelal onbekend. Daarnaast wordt door de operators vaak niet voldaan aan de meetverplichting;
- De eventuele geuremissie is met name in de stedelijke omgeving een punt van aandacht;
- De afvalwaterzuivering functioneert niet altijd op doelmatige wijze door de beperkte technologische kennis van de operators.

3.4 Conclusies

Gebaseerd op bovenstaande kan een aantal conclusies worden getrokken:

- Ruimtelijk probleem:
met name in de bebouwde omgeving is de inpasbaarheid van opslagbassins een knelpunt en kan directe afvoer of opslag op afstand in (tijdelijke) bouwwerken in de nabije omgeving een alternatief zijn;
- Milieu:
 - bij het tijdelijk opslaan van testwater blijft veel aandacht noodzakelijk voor de toepassing van voldoende bodembeschermende maatregelen;
 - Het testwater wordt zonder overkapping opgeslagen, waardoor het risico bestaat dat er dampen vrijkomen richting omgeving en dat het regenwater de kwaliteit van het testwater beïnvloedt en de bassins uiteindelijk kunnen overlopen. Gesloten opslagen om verspreiding van damp te beperken en invloed van regenwater te minimaliseren is gewenst, indien dit uitvoerbaar is;
- Wet- en regelgeving:
In de wetgeving (ten tijde van het opstellen van deze rapportage) is de activiteit opslaan en verwerking van testwater afkomstig van geothermie niet goed ondergebracht. Mede daardoor bestaat onduidelijkheid bij operators welke wet- en regelgeving wanneer van toepassing is.
- Veiligheid
Er zijn zorgen om het aspect veiligheid (HSE) op het terrein en de installatie.

4 Behandeling van testwater

4.1 Algemeen

In totaal komt er per geslagen bron maximaal 5.000 m³ testwater vrij dat na zuivering veilig moet worden geloosd. In hoeverre testwater moet worden behandeld is afhankelijk van de afvoerroute en de hieraan gestelde specifieke eisen. Het testwater zal naast chemicaliën ook (opgeloste) bestanddelen bevatten die typerend zijn voor de bodem waaruit het water gewonnen wordt. Herinjectie van testwater is, vanuit belasting van de omgeving gezien, het meest aantrekkelijk omdat er geen stoffen naar de omgeving gaan maar terug naar de oorsprong worden gebracht. Zelfs in dat geval zal behandeling van het testwater, ter voorkoming van verstopping van de put, noodzakelijk zijn. In deze paragraaf worden de volgende opties beschouwd:

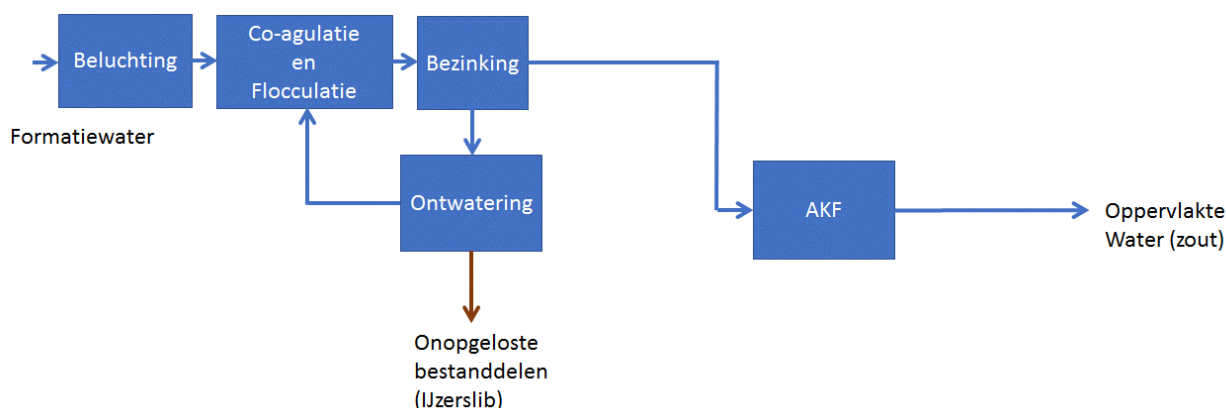
- Directe lozing op zout oppervlaktewater, of via de effluentleiding van een rwzi;
- Lozing op zoet oppervlaktewater;
- Verwerking op een RWZI;
- Afvoer per as naar een externe verwerker;
- Herinjectie.

4.2 Directe lozing op zout oppervlaktewater of via effluentleiding van een rwzi

Indien het testwater geloosd wordt op een zout oppervlaktewater (of bij herinfiltratie) kan de volgende procesconfiguratie volstaan:

- Beluchting;
- Coagulatie en flocculatie ;
- Bezinking;
- Actieve koolfilter (AKF).

Een schematisch overzicht is weergegeven in figuur 4.1.



Figuur 4.1: Procesconfiguratie voor de behandeling van formatiewater bij lozing op een zout waterlichaam

Beluchting

In de eerste beluchtingstap worden oplosbare gassen zoals methaan, ammonia en waterstofsulfide uit de waterfase gestript. Het aandeel oplosbare gassen is echter gering. Methaan is nagenoeg niet oplosbaar in water. CO₂, methaan en andere gassen zijn al verwijderd in de ontgasser voor de waterzuivering – Dit gas wordt afgefakkeld met een noodfakkel. Het mogelijk opgeloste H₂S⁻ in de waterfase wordt teruggeoxideerd tot sulfaat door beluchting.

Daarnaast worden andere opgeloste componenten zoals ijzer(II) en mogelijk andere aanwezige metalen, zoals zink, chroom en koper geoxideerd. De gevormde producten (metaal-hydroxides) zijn slecht oplosbaar in de waterfase en vormen een fijne neerslag die in verdere processtappen worden afgevangen. Een voorbeeld van de gevormde neerslag is weergegeven in figuur 4.2.



Figuur 4.2: Voorbeeld onbehandeld formatie water

Coagulatie en flocculatie

Aangezien de gevormde kristallen veelal zwevende (colloïdale) deeltjes zijn, zijn ze moeilijk af te vangen. Coagulatie en flocculatie worden gewoonlijk in combinatie gebruikt. In sommige gevallen is het gebruik van coagulant of flocculant echter voldoende om goed bezinkbare vlokken te vormen. Het doel van coagulatie is het destabiliseren van een colloïdale oplossing (A), zodat vervuilende stoffen kunnen samenklonteren tot vlokken (B). Het coaguleren gebeurt door toevoegen van een coagulant, bijvoorbeeld ijzerchloride FeCl₃, of PAC (poly-aluminium chloride). Door toevoeging van het coagulant zal de afstoting tussen de colloïdale deeltjes wordt verlaagd (=gedestabiliseerd) en ontstaat een bezinkbare vlok.



A : (metaal)deeltjes in water B: door toevoeging van coagulant en polymeer ontstaat een bezinkbare vlok

Figuur 4.3: Principe van coagulatie en flocculatie

Flocculanten zijn hoog-moleculaire stoffen (=polymeren) met diverse functionele groepen. De geladen deeltjes en/of kleine vlokjes worden aangetrokken tot de ladingsgroepen van het polymeer, waardoor een grotere vlok ontstaat. Deze kan makkelijker worden afgescheiden door flotatie of bezinking. Omdat de deeltjes niet allemaal dezelfde lading bezitten zijn er diverse ladingsgroepen noodzakelijk op de polymeerstructuur. Er bestaan zowel anionische, kationische als non-ionische polymeren. Belangrijk voor een goede flocculatie is een juiste binding tussen het polymeer en de deeltjes. Dit betekent dat naast de aard van de lading ook de spreiding van de lading over het molecuul van belang is, alsmede de lengte van het polymeer. Daarnaast is de mate van cross-linking van het polymeer, het vormen van bindingen met zichzelf, van belang. Door de werking van deze elementen bestaan er enkele honderden verschillende polymeren met elk hun specifieke werkingsgebied. In een aantal gevallen kan het volstaan een flocculant toe te voegen om een goede afscheiding te krijgen. Meestal zal de combinatie van coagulant en vlokmiddel vereist zijn. De vlokken worden vervolgens in een nabehandelingsstap (bezinktank of bezinkcontainer) afgevangen. De juiste dosering en menging van chemicaliën is tevens van belang voor de goede werking van het proces. Het resultaat van een goedwerkende coagulatie/flocculatiestap op formatiewater is weergegeven in figuur 4-4.



N.B: Door dosering van ijzerchloride 0,2 ml/l, natronloog NaOH (0,05 - 0,1 ml/l) en een lage contact concentratie van anionisch polymeer (circa 10 ml 0,1% opgelost polymeer per liter water) wordt een bezinkbare vlok verkregen en kan formatiewater vrijwel helder worden afgelaten.

Figuur 4.4: Voorbeeld formatiewater na coagulatie/flocculatie.

Bezinking

De gevormde slibvlokken kunnen gemakkelijk worden afgescheiden in een bezinktank (container) of met een lamellenseparator. Een lamellenseparator bestaat uit een frame met daarin een groot aantal schuin geplaatste platen. Het formatiewater met de uitgevlokte bestanddelen stroomt langzaam tussen de lamellen door. Door het grote geprojecteerde oppervlak stroomt het water langzaam tussen de lamellen door. De gevormde vlokken slaan neer en zakken uiteindelijk naar de bodem van de lamellenseparator, waar het verzamelde slib wordt weggepompt. Het schone water wordt via een overstort aan de bovenkant opgevangen waarna vrijwel alle onopgeloste bestanddelen uit het water zijn verwijderd. Een voorbeeld van een lamellenseparator is weergegeven in figuur 4.5.



Figuur 4-5: Voorbeeld van een lamellenseparator

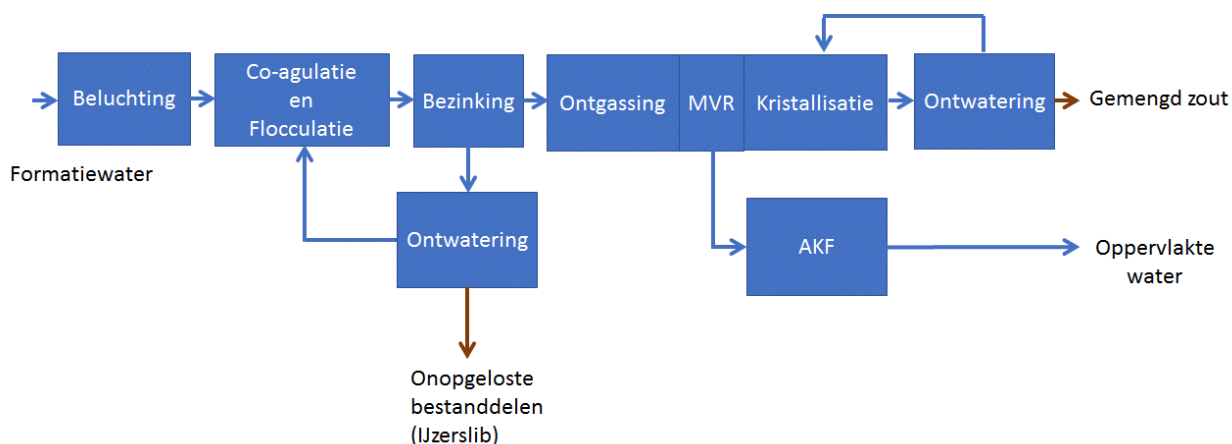
Actieve Koolfiltratie

Als laatste stap, ter verwijdering van opgeloste organische componenten zoals aromaten, kan een actieve koolfilter worden toegepast. De organische componenten worden door adsorptie aan de actieve kool uit het water verwijderd.

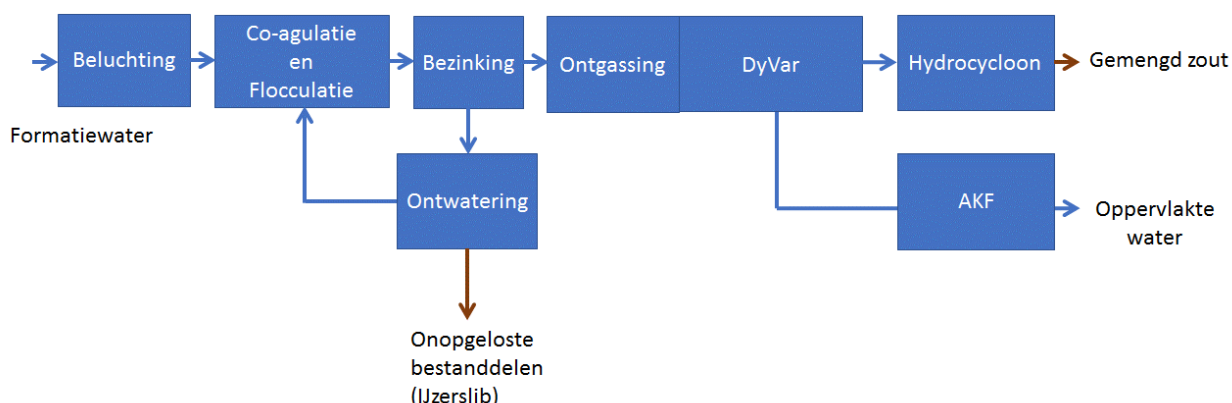
4.3 Lozing op zoet oppervlaktewater

Indien het formatiewater wordt geloosd op een zoet waterlichaam zijn aanvullende processtappen noodzakelijk om de opgeloste zouten te verwijderen. Aangezien het formatiewater zeer hoge zoutconcentraties bevat zijn membraantechnologieën (zoals reverse osmosis, RO) niet geschikt voor behandeling van dit type water. Voor de behandeling worden in dit rapport twee procesconfiguraties in nader detail beschreven. Enerzijds een technologie op basis van klassieke verdampingstechnologie en anderzijds een technologie gebaseerd een innovatieve maar bewezen DyVar technologie.

Een schematisch overzicht van beide technologieën zijn weergegeven in figuur 4.6 en figuur 4.7.



Figuur 4.6: Procesconfiguratie voor de behandeling van formatiewater bij lozing op een zoet waterlichaam gebaseerd op klassieke verdampingstechnologie



Figuur 4.7: Procesconfiguratie voor de behandeling van formatiewater bij lozing op een zoet waterlichaam gebaseerd op DyVar technologie

4.3.1 Lozing op zoet water met verdampingsinstallatie (MVR)

Ontgassing

Voor de verdampingsstap is het van belang om nog opgeloste gassen uit het water te verwijderen, ondanks dat een groot deel van de gassen al is verwijderd met de beluchtingsstap. Door de essentie wordt een ontgassingsinstallatie dan ook vaak geleverd als een geïntegreerd deel van de verdampingsinstallatie. Voornamelijk verwijdering van CO₂ is hierbij van belang aangezien een te hoge concentratie kan leiden tot neerslag en scaling van carbonaatzouten tijdens het verdampingsproces. Ook zal de verwijdering van gassen de energieconsumptie tijdens verdamping verlagen. Tijdens de ontgassing wordt het influent eerst verwarmd met destillaat en daarnaast wordt de zuurgraad verlaagd naar pH 5,5 door zoutzuurdosering. Onder deze omstandigheden wordt CO₂ gemakkelijk uit de waterfase onttrokken. De gestripte lucht kan naast CO₂ ook nog andere vluchtige componenten (zoals BTEX, PAK's en VOC's) bevatten. Naar verwachting zijn deze hoeveelheden echter verwaarloosbaar laag omdat deze al uit het systeem zijn door de eerste beluchtingsstap. Opgemerkt wordt dat in geval van 'bijvangst' er mogelijk tijdens de beluchtingsstap de lucht moet worden opgevangen en behandeld in een luchtbehandelingsinstallatie. Zie eveneens hiervoor de Nederlandse emissierichtlijn.

Verdampingsinstallatie (MVR)

De werking van mechanische damprecompressie (Mechanical Vapour Recompression, MVR) berust op het verschijnsel dat de kooktemperatuur van een vloeistof afhankelijk is van de druk waaronder die vloeistof zich bevindt. Bij lage druk ligt het kookpunt lager dan bij hoge druk. Dat betekent dat bij lage druk een vloeistof bij lagere temperatuur begint te verdampen tot een gas terwijl dat bij hoge druk pas bij een hogere temperatuur gebeurt. Hetzelfde geldt voor het condenseren van een gas tot een vloeistof. Bij mechanische damprecompressie wordt dat verschijnsel toegepast voor het oppompen van warmte van een lage temperatuur naar een hoge temperatuur.

Het afvalwater wordt ingedampt in de verdamper, waarbij de waterdamp in druk wordt verhoogd door een compressor. Omdat de compressor meestal aangedreven wordt door een elektromotor, is daarvoor wel een hoeveelheid elektrische energie vereist. De samengedrukte en opgewarmde damp wordt vervolgens aangewend voor de verwarming van de pijpen in de indamper. Door de warmteafgifte condenseert de damp en ontstaat een zoutarme stroom.

Mechanische damprecompressie kan worden beschouwd als een speciale soort warmtepomp in een open kring waarbij de latente verdampingswarmte hergebruikt wordt als condensatiewarmte. Onder gunstige voorwaarden is het energieverbruik zeer beperkt, ongeveer 0,015 tot 0,030 kWh per kg verdampt water.

Mechanische damprecompressie gebeurt meestal bij relatief lage temperaturen van 60 – 70°C (bij een absolute druk van 0,2 – 0,3 bar) en een temperatuurverschil van slechts 3 – 7°C (dus een lage compressieverhouding).

Door het onttrekken van water wordt de oplosbaarheid van de aanwezige zouten langzaam kritisch. Zoutconcentraties in de gevormde brijnstroom moeten laag genoeg blijven om neerslag en scaling van de zouten in de verdamper te voorkomen. Uit de analyses van het formatiewater is te herleiden dat de chloride concentraties kunnen oplopen tot 65 g/l. Zodoende moet de indampfactor, in overleg met fabrikanten, goed worden afgestemd. In de praktijk zal echter een klein percentage van de opgeloste zouten om het destillaat terechtkomen. Ook vluchtige componenten zoals mogelijk aanwezige vluchtige organische koolwaterstoffen (VOC en BTEX) kunnen in het destillaat terecht komen. Opgemerkt wordt dat in geval van 'bijvangst' er mogelijk tijdens het indampen de lucht moet worden opgevangen en behandeld in een luchtbehandelingsinstallatie. Zie eveneens hiervoor de Nederlandse emissierichtlijn.

Kristallisatie en ontwatering

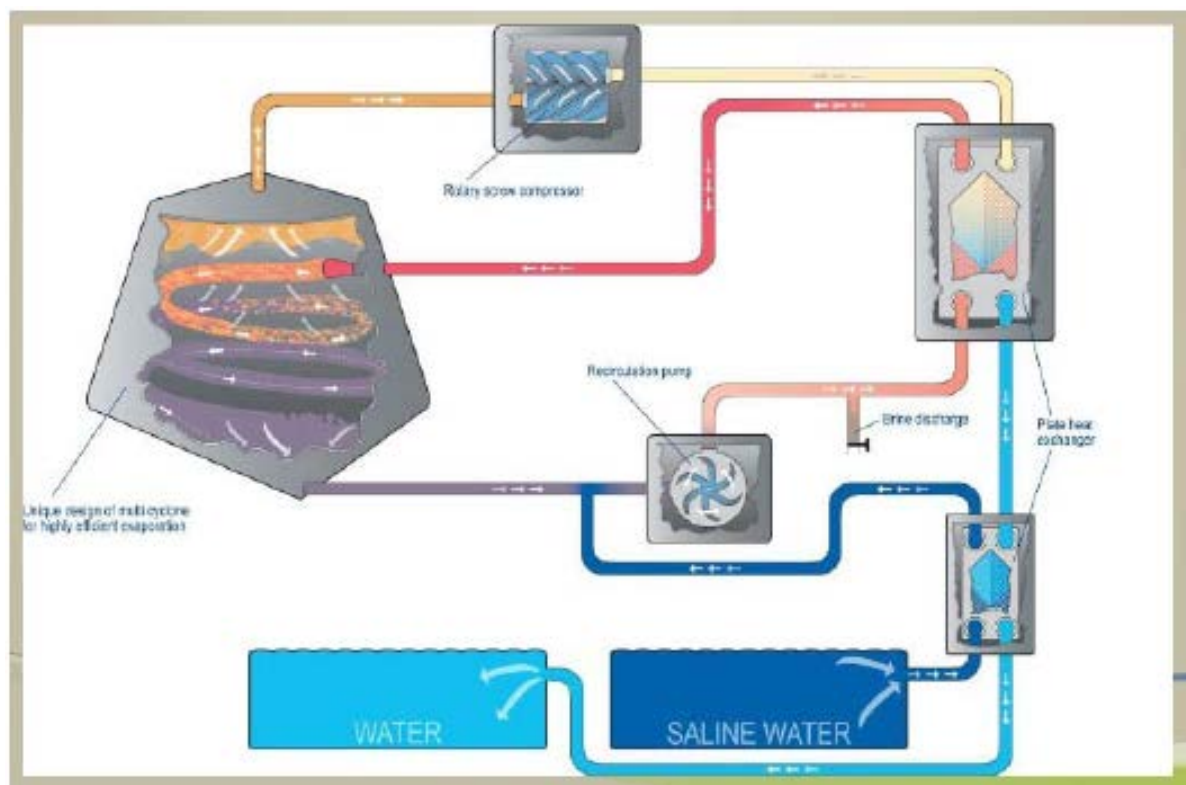
De gevormde zoute brijnstroom van de verdamper wordt in een warmtewisselaar in een kristallisatiereactor gerecirculeerd. In de warmtewisselaar wordt condenserend stoom als energiebron gebruikt, wat condenseert om de warmtewisselaar. Door verdamping van het water slaan zouten als kristallen neer. Hierbij ontstaat een ingedikte brijnstroom met een droge stofgehalte van 10-20%. Verdere indikking zal plaatsvinden met behulp van een decanter. Het water dat vrijkomt tijdens de centrifugestap wordt teruggeleid naar de kristallisatiereactor. Het gevormde slib, met een droge stofgehalte van 90%, zal worden afgevoerd en gestort of – indien mogelijk – verder verwerkt door een erkende verwerker.

4.3.2 Lozing op zoet water (DyVar)

DyVar technologie

De DyVaR technologie is een gepatenteerde technologie waarin verdamping en kristallisatie worden gecombineerd in één enkele processtap. Hierdoor kan het energieverbruik verder worden verminderd ten opzichte van de klassieke verdampingstechnologie. Het influent wordt geïnjecteerd waardoor deze tevens de werking van een cycloon heeft. Hierdoor ontstaat een beschermende waterlaag aan het oppervlak waardoor de verdampingsunit is beschermd tegen scaling en corrosie. Deze technologie kan worden toegepast in plaats van de traditionele verdampingstechnologie beschreven in paragraaf 4.2.1.

In de DyVar unit zal verdamping plaatsvinden. De warmte die vrijkomt tijdens de condensatie van de damp wordt door de warmtewisselaars gebruikt om de interne brijn-recirculatiestroom op te warmen. Daarna wordt in een nageschakelde warmtewisselaar de restwarmte gebruikt om het influent op te warmen (zie figuur 4.8) Doordat scaling kan worden voorkomen kunnen relatief hoge indikkingsfactoren worden toegepast en zal kristallisatie optreden in de verdampingsunits. De gevormde brijnstroom zal verder moeten worden ingedikt in een hydrocycloon.



Figuur 4.8: Schematische weergave van Dyvar technologie

4.4 Verwerking op een RWZI

Een eenvoudige mogelijkheid is om het opgepompte testwater af te voeren naar een RWZI. Echter, een groot bezwaar van de afvoer naar de RWZI zal de hoge zoutconcentratie van het testwater zijn omdat dit de zuiveringsprocessen kan verstoren. Dit betekent dat deze mogelijkheid alleen tot de mogelijkheden behoort als:

- 1 de RWZI al geadapteerd is aan zout(er) water. Dit geldt echter maar voor een beperkt aantal RWZI's in Nederland of:
- 2 als de algehele hydraulische belasting dusdanig hoog is dat het testwater kan worden verdund zonder dat de biologie van de RWZI daar nadelige effecten van ondervindt. Hierbij kan gedacht worden aan grotere RWZI's die bij voorkeur lozen op Rijkswater.

Er zullen eisen worden gesteld aan andere mogelijke verontreinigingen zoals (vluchtige) organische componenten zoals VOCI's⁸ BTEX en PAK's. Dit kan betekenen dat deze componenten eerst moeten worden verwijderd alvorens een RWZI het water wil ontvangen. De mogelijkheden om te lozen op een RWZI zijn dus sterk afhankelijk van de plaats waar het testwater wordt gevormd, de nabijheid van een geschikte RWZI en het oppervlaktewater waar de RWZI op loost. Dit vraagt om maatwerk en beoordeling van geval tot geval, waarbij de risico's voor calamiteiten en onverwachte verontreinigingen en andere factoren nadrukkelijk moeten worden beschouwd.

Nader onderzoek naar de mogelijkheden en beperkingen van lozen op een RWZI heeft plaatsgevonden om hier meer inzicht in te krijgen.

⁸ NB: Meting van VOCI's in zout water wordt verstoord door de het hoge zoutgehalte.

De probleemstelling in deze opdracht is als volgt geformuleerd:

In het verlengde van het lopende onderzoek naar de verwerking van testwater (Kennisagenda Aardwarmte, gefinancierd vanuit Kas als Energiebron, Royal HaskoningDHV projectnr. BF6178) is één van de beschouwde verwerkingsroutes, naast herinjectie en lozen op oppervlaktewater, het lozen op een RWZI. Dit wordt bij voorkeur gezien als een back-up-voorziening voor het geval herinjectie niet mogelijk is. De afzienbare hoeveelheid (tot 5.000 m³) zeer zoutwater (zoutgehalte circa 3 x hoger dan zeewater, circa 100 g/l) kan niet zonder meer worden geloosd. De vragen daarbij zijn:

- Kan dergelijk zoutwater op een rioolwaterzuiveringsinrichting (RWZI) worden geloosd?*
- Wat kan de eventuele voorbehandeling voor lozing op de RWZI zijn?*
- Wat zouden de effecten van een dergelijke lozing kunnen zijn?*
- Hoe kunnen deze effecten geminimaliseerd worden?*
- Welke RWZI's zouden geschikt zijn voor een dergelijke lozing?*

De resultaten van deze studie zijn separaat gerapporteerd in het rapport in bijlage 3.' De belangrijkste conclusies uit deze studie zijn:

- 1 Mocht een RWZI lozen op min of meer gevoelig oppervlaktewater én wordt de MTR-norm voor zout gehanteerd, dan is behandeling van testwater zo goed als onmogelijk.*
- 2 De grootte van de RWZI en de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater zijn bepalend voor het toelaatbare debiet van het testwater naar de RWZI.*
 - de grootte van de RWZI bij lozing op zout water of grote rivieren;*
 - de maximaal tolereerbare zoutconcentraties in het ontvangende oppervlaktewater bij lozing op zoet water.*
- 3 Bij grote RWZI's kunnen andere beperkingen, zoals bijvoorbeeld het maximum toelaatbare aantal transportbewegingen, beperkend zijn voor de verwerking van testwater.*
- 4 In zijn algemeenheid is het dus niet de verwerkingscapaciteit van de biologie van de RWZI die beperkend is voor de maximale verwerkingscapaciteit aan testwater, maar zijn het de voorwaarden die aan de lozing op oppervlaktewater worden gesteld of voorwaarden aan het transport van het testwater.*
- 5 Radioactiviteit van het testwater dient altijd te worden onderzocht. Het kan leiden tot verhoogde radioactiviteit van slib. Berekeningen geven aan dat het risico gering mag worden geacht, maar niettemin is aandacht geboden.*

Ook op basis van dit deelonderzoek wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar natuurlijke radioactiviteit om dit beter te kunnen kwantificeren.

Het deelrapport wordt beschouwd als een nuttig document bij een eventuele vergunningaanvraag. Daarbij is het uiteindelijk altijd aan de beheerder van de rwzi om te beoordelen wat de mogelijkheden zijn en onder welke voorwaarden. Daarbij moet ook ingeschat worden wat het risico is op calamiteiten door bijvoorbeeld plotselinge daling of stijging van het zoutgehalte, (denk aan het risico van storingen in de aanvoer van testwater), aanwezigheid van onverwachte verontreinigingen of andere factoren, effecten op de bezinkeigenschappen van het actief slib. Een verstoring van het zuiveringsproces kan leiden tot milieuschade.

4.5 Afvoer testwater naar een externe verwerker

Een andere mogelijkheid is om het opgepompte testwater door een derde partij te laten zuiveren. In de markt zijn verschillende grotere firma's die dit kunnen. In tegenstelling tot het waterschap zal een derde partij het testwater gemakkelijker accepteren en behandelen mits het past binnen het acceptatie en verwerkingsbeleid dat door haar is opgesteld en goedgekeurd door het bevoegd gezag en mits de lozing past binnen de normen zoals opgenomen in de vergunning. Echter ook hier geldt dat de uiteindelijke effluentkwaliteit (zoet of zout) leidend zal zijn voor de uiteindelijke kostprijs.

4.6 Herinjectie van testwater

Herinjectie kan negatieve gevolgen voor het reservoir hebben, omdat er stoffen en substanties in het testwater zitten die niet van nature in het reservoir thuishoren. Elke stof die niet van nature in het reservoir aanwezig is, kan consequenties hebben voor de injectiviteit van het reservoir, en voor de integriteit van het reservoir en de put. Voor alle reservoir-vreemde substanties geldt dat ze zowel op fysische, chemische als op fysisch-chemische manier het reservoir kunnen aantasten. De poriën van het injectiegesteente kunnen fysisch geblokkeerd worden, als ze verstopt raken met vaste deeltjes. Opgeloste stoffen zoals zuurstof brengen chemische reacties teweeg in de put en in het reservoir. Chemicaliën die toegevoegd worden ter voorkoming van fysische of chemische blokkades, zoals HCl, kunnen juist weer fysisch-chemische processen teweeg brengen, zoals veranderingen van oppervlaktespanningen, relatieve permeabiliteitsveranderingen, etc. Voor alle processen geldt dat eventuele toegebrachte schade alleen tegen hoge kosten en met hoge risico's mogelijk hersteld kan worden.

Onder de substanties die in het testwater aanwezig (kunnen) zijn, bevinden zich o.a. mud deeltjes die tijdens het boren van de put gebruikt zijn voor het boorproces, vaste deeltjes zoals zand en klei, zuurstof, micro-organismen, en toegevoegde chemicaliën. Een korte beschrijving van deze stoffen, de mitigaties ertegen, en de ongewenste neveneffecten van de mitigaties, zijn hieronder beschreven.

Boorvloeistof, zand en kleideeltjes. Deze vaste stoffen zijn óf gebruikt tijdens het boren, of zijn ontstaan tijdens het boren. Het schoonproduceren van de put heeft als primair doel deze deeltjes uit de put te verwijderen. Indien deze deeltjes, nadat ze uit de put geproduceerd zijn, niet goed verwijderd worden voordat injectie plaatsvindt, kunnen deze deeltjes de poriën van de injectieput blokkeren, waardoor afname van het debiet plaatsvindt. Middels bezinking, beluchting en vlokken kan het gros van deze deeltjes verwijderd worden. Een groot nadeel van beluchting is dat er zuurstof aan het injectiewater wordt toegevoegd.

Zuurstof. Tijdelijke opslag van testwater, en eventuele beluchting, heeft tot gevolg dat het initiële zuurstofloze productiewater verrijkt wordt met zuurstof. Zuurstof is reactief en tast de metallurgie van de put aan (corrosie), en brengt chemische reacties in het reservoir teweeg. Zuurstof kan verwijderd worden door het toevoegen van zogenoemde oxygen-scavengers, gewoonlijk een lage dosering bi-sulfiet. Een nadeel van deze scavengers, naast de operationele kosten, is dat dit een stof is die niet van nature in het reservoir voorkomt, en dus andere ongewenste neveneffecten teweeg kan brengen.

Micro-organismen. Tijdens de blootstelling van het testwater aan de atmosfeer, zullen micro-organismen zoals bacteriën in het water terechtkomen. De intrede van deze micro-organismen kan meerdere consequenties tot gevolg hebben. Micro-organismen kunnen slijm produceren, waardoor het reservoir verstopt kan raken. Maar micro-organismen kunnen ook corrosie van de put veroorzaken (microbiologically induced corrosion), en H₂S produceren. Dit laatste is een corrosief en giftig gas en is al in kleine concentraties dodelijk. Door het toevoegen van biociden kan het injectiewater microben-vrij gemaakt worden. Het nadeel hiervan is dat biociden, net als alle andere toegevoegde chemicaliën het reservoir op fysisch-chemische wijze kunnen beschadigen. Bovendien komen biociden niet van nature in het reservoir voor en kan dus andere ongewenste neveneffecten teweeg brengen.

Toegevoegde chemicaliën. Alle substanties en stoffen die niet van nature in het reservoir aanwezig zijn, kunnen de injectiviteit van de put aantasten. Gezien de grote diversiteit aan chemicaliën, en de grote diversiteit aan chemische samenstelling van het water en het reservoir gesteente, is het moeilijk te voorspellen wat het effect van deze substanties is op eventuele (fysisch-)chemische reacties in het reservoir. Het vooraf testen van de chemicaliën in een laboratorium is vaak niet mogelijk aangezien er overwegend geen gesteentemonsters genomen worden. Daarom zal het noodzakelijke gebruik van chemicaliën altijd een risico blijven.

In de praktijk wordt bij herinjectie of infiltratie het water licht aangezuurd tot pH 6,0. Dit is noodzakelijk omdat bij de hogere pH's >6,5 te veel CaCO_3 en ijzorzouten neerslaan. Deeltjes worden vervolgens verwijderd door te beluchten en te vlokken. Vervolgens kan het heldere deeltjesvrije effluent worden aangezuurd met HCl oplossing tot een licht zure pH van 5,5 tot 6,0.

Het water kan vervolgens met de hoofdstroom mee worden geïnfilteerd in de bron. Een belangrijk voordeel van herinfiltratie zijn de lagere operationele kosten – er hoeft minder water op transport te worden gesteld dan in het geval van externe lozing of zuivering.

Een nadeel van deze methode zijn de eerder genoemde risico's en dat er gedurende een langere periode testwater moet worden opgeslagen. Betere planning kan ook een efficiëntieslag opleveren: het testwater uit de productieput kan worden geherinjecteerd in de productietest indien de tweede (injectie) put wordt geboord. Dit verlangt veel aandacht omdat processen tijdens de boorfase tijdelijk naast elkaar lopen. Dit is niet optimaal.

4.7 Kwalitatieve vergelijking verwerkingsmethoden

Op basis van expert judgement zijn de verschillende verwerkingsmethoden in onderstaande tabel vergeleken.

Tabel 4.1: Kwalitatieve vergelijking verwerkingsmethoden waarbij de verdeling loopt van – (ongunstig) tot ++ (gunstig)

Verwerkingsmethode	Investeringskosten	Operationele kosten*	Energieverbruik of CO ₂ -emissie	Risico's voor operators
Lozing op zout opp.water	+	+	+	0
Lozing op zoet opp.water (MVR)	--	--	--	0
Lozing op zoet opp.water (Dyvar)	--	-	-	0
Verwerking op RWZI	++	+	++	0
Externe verwerker	0	-	+	0
Herinjectie	+	++	++	--

De absolute kosten voor verwerking zijn alleen indicatief te geven en in het IF-rapport globaal beschreven. Deze kosten lopen op van circa 150 kEUR voor eenvoudig lozen al dan niet via een RWZI, via 150 – 300 kEUR voor beperkte behandeling, naar 600 – 800 kEUR voor filtratie en afvoer naar externe verwerker tot circa 1 Miljoen Euro bij toepassing van ontzoutingstechnologie en lozing op zoet oppervlaktewater. De uiteindelijke kosten zullen worden bepaald door de lokale situatie en in hoeverre de sector de beschikking heeft over gezamenlijk in te zetten opslag- en zuiveringsvoorzieningen.

4.8 Monitoring

Op twee momenten is monitoring noodzakelijk. Ten eerste om onderscheid te maken tussen testwater en overig water. Ten tweede om te bepalen of aan de vergunningsvoorwaarden wordt voldaan voor de lozing. In de meeste vergunningen is een beperking op debiet opgenomen of is er sprake van een gelimiteerde capaciteit van de riolering waardoor de lozing qua debiet beperkt moet worden. Daarnaast zijn er normen opgenomen voor de kwaliteit van de lozing waaraan voldaan moet worden.

Eerder is beschreven dat er een onderscheid is tussen water voor het schoonproduceren van de put en het testwater. Op dit moment wordt dit veelal visueel vastgesteld, oftewel visueel wordt de mate van troebelheid bekeken. Om deze visuele vaststelling te onderbouwen kan gebruikt worden gemaakt van een pH meting en/of een troebelheidsmeting. Beide zijn in praktijk makkelijk toepasbaar. Omdat geen data beschikbaar is zodat exacte grenswaarden nog niet kunnen vastgesteld wordt aanbevolen om hier nog nader onderzoek naar te doen.

In de vergunningsvoorschriften is naast een norm voor het debiet vaak ook een verplichting opgenomen voor monitoring van componenten.

Het debiet kan gemonitord worden door het debiet te meten en de standen per dag en tijdstip van opname te registreren.

Om te bepalen of aan de normen voor andere parameters voldaan wordt kan gebruik gemaakt worden van handmatige bemonstering en analyse door een gecertificeerd en geaccrediteerd laboratorium. Een andere optie is gebruik maken van bemonsteringskast met volumeproportionele bemonstering. Met deze kast wordt automatisch een monster op basis van debiet genomen en vervolgens gekoeld bewaard wordt. Dit kan vervolgens worden aangeboden voor analyse door een gecertificeerd en geaccrediteerd laboratorium.

5 Wet- en regelgeving

In dit hoofdstuk wordt de wet- en regelgeving beschreven die van toepassing is ten behoeve van een winning. In het geval sprake is van een winning wordt het aangemerkt als een inrichting. Hierdoor is de Mijnbouwwet, de Wabo en het Activiteitenbesluit van toepassing.

Een proefboring valt buiten de scope van deze rapportage. Mocht hier echter sprake van zijn, dan wordt dit niet aangemerkt als een inrichting.

Daarnaast wordt in dit hoofdstuk een toelichting gegeven welke algemene regels van toepassing zijn, alsmede voor welke delen van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht en de Waterwet dit geldt. Omdat er in praktijk onduidelijkheid is vanuit het ruimtelijke ordening perspectief, waaronder de tijdelijke opslagvoorzieningen vallen en waaraan deze moeten voldoen, is dat nader toegelicht in dit hoofdstuk. Tevens wordt aandacht besteed aan het LAP en het aspect veiligheid.

5.1 Wetten en besluit

5.1.1 Wet- en regelgeving van toepassing bij geothermie projecten

Bij geothermieprojecten is er sprake van testwater ten tijde van de boring ten behoeve van winning. Deze fase bestaat in hoofdlijnen uit:

- Aanleg van de mijnbouwlocatie;
- Uitvoeren van diepboringen (productie- en injectieput) voor het bepalen of aardwarmte economisch winbaar is;
- Testen van de putten en aquifer.

De fase van verkennen en opsporen van winbare aardwarmte (seismisch onderzoek en data-analyse) vindt plaats tijdens de proefboring en valt daarmee buiten de scope van deze rapportage.

5.1.2 Winningsvergunning in het kader van de Mijnbouwwet

Voor het opsporen en winnen van delfstoffen en aardwarmte en het opslaan van stoffen is een vergunning nodig (hoofdstuk 2, Mijnbouwwet). Een opsporings- en winningsvergunning aardwarmte geeft het exclusieve recht tot het uitvoeren van deze activiteiten binnen een vastgesteld gebied. Er geldt in Nederland een open ronde voor het aanvragen van deze aardwarmtevergunningen, hetgeen betekent dat op elk gewenst moment een aanvraag kan worden ingediend.

Om aardwarmte te mogen winnen moeten operators op basis van de huidige Mijnbouwwet onder andere een goedgekeurd winningsplan hebben. Op basis van de Mijnbouwwet kan worden getoetst of de geothermiewinning veilig en doelmatig kan plaatsvinden. Daarnaast zijn er aanvullende vergunningen nodig.

5.1.3 Omgevingsvergunning oprichting mijnbouwwerk

Voor de oprichting van de mijnbouwinstallatie en de voorgenoemde boor- en testactiviteiten is een omgevingsvergunning nodig op basis van artikel 2.1 Wet algemene bepalingen omgevingsrecht.

Deze omgevingsvergunning oprichting mijnbouwwerk dient vanaf 2019 de volgende onderdelen te bevatten:

Fase 1: Aanleg en inrichting terrein als mijnbouwwerk voor de opsporing

Activiteiten: aanleg putkelder en boren/heien conductor

Fase 2: Gebruik mijnbouwwerk voor opsporing

Activiteiten: tijdelijk plaatsen mobiele installatie, boren, testen en indien nodig stimuleren put(ten)

Fase 3: Veranderen mijnbouwwerk bestemd voor opsporing in mijnbouwwerk bestemd voor winning

Activiteiten: aanleg bovengrondse deel winningsinstallatie (pomphuis, leidingen etc.)

Fase 4: Gebruik mijnbouwwerk voor winning

Mogelijke activiteiten waarbij gebruik wordt gemaakt van een tijdelijke mobiele installatie:

- a. uitbreiding, wijziging, onderhoud, reparatie, testen of stimulatie putten/voorkomen;
- b. aanleg nieuwe put(ten)

Fase 5: Buitengebruikstelling mijnbouwwerk

Activiteiten: afsluiten putten (ondergrondse deel), buitengebruikstelling en verwijdering bovengrondse deel winningsinstallatie.

In de regel wordt de omgevingsvergunning voor fasen 1 t/m 4 aangevraagd⁹. De voor de uitvoering van fase 5 benodigde omgevingsvergunningen kunnen pas aan het einde van de levenscyclus van een aardwarmteproject worden aangevraagd. Tegen de tijd dat voor die fase de eerste omgevingsvergunningen worden aangevraagd zou de nieuwe Omgevingswetgeving van toepassing moeten zijn.

Optioneel kunnen de volgende onderdelen in de omgevingsvergunning worden meegenomen:

- Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening (indien nodig, of, mits niet eerst een bestemmingsplanprocedure is gevolgd);
- de productiefase (winningfase aardwarmte) direct opnemen in deze aanvraag/vergunning;
- de Waterwet voor de lozing van het testwater, afhankelijk van de lozingsroute;
- de Wet natuurbescherming (soortenbescherming en gebiedsbescherming).

Tevens is een winningsvergunning met winningsplan vereist zoals beschreven in de voorgaande paragraaf.

⁹ DAGO is Q1 2019 actief in de ontwikkeling van de leidraad voor de aanvraag van een Omgevingsvergunning

5.1.4 Natuurlijke radioactiviteit

Bij het oppompen van grondwater in een geothermische installatie is het mogelijk dat kleine hoeveelheden natuurlijke radioactieve stoffen (NORM) mee naar de oppervlakte komen, waar ze kunnen vrijkomen of zich afzetten in filters of op de wanden van de opslagtanks. Deze radioactiviteit is afkomstig vanuit natuurlijke radioactieve elementen die overal aanwezig zijn in de aardkorst en waarvan een deel kan oplossen in grondwater.

Kernenergiewet

In artikel 2 van de Kernenergiewet is aangegeven dat deze wet mede van toepassing is op een verkenningsonderzoek, het opsporen of het winnen van delfstoffen of aardwarmte, dan wel het opslaan van stoffen voorzover dit plaatsvindt op het continentaal plat, bedoeld in de Mijnbouwwet. Het onderhoud aan de warmtewisselaars moet ook worden uitgevoerd conform het gestelde in de wet.¹⁰

5.1.5 Het Besluit Milieueffectrapportage

Het Besluit Milieueffectrapportage beschrijft voor welke activiteiten een MER moet worden opgesteld of getoetst moet worden of het opstellen van een MER zinvol is.

- Bijlage C van het Besluit geeft alle m.e.r.-plichtige activiteiten weer. Indien één van deze activiteiten wordt voorzien, is het opstellen van een MER verplicht.
- Bijlage D geeft de activiteiten weer waarvoor middels een toets moet worden vastgesteld of het zinvol is een MER op te stellen. Dit zijn de m.e.r.-beoordelingsplichtige activiteiten. Een m.e.r.-beoordeling bestaat uit een notitie van de initiatiefnemer aan de overheid waarin wordt aangegeven of de initiatiefnemer milieueffecten verwacht die middels een MER afgewogen moeten worden. De overheid kan vervolgens akkoord gaan met de bevindingen of hiervan afwijken.

Voor het opslaan van testwater is conform het Besluit Milieueffectrapportage de volgende activiteit (C 15.1) van belang. Indien de hoeveelheid van 10 miljoen m³ of meer per jaar wordt overschreden moet verplicht een milieueffectrapportage worden opgesteld. Dit betreft de daadwerkelijke winning en valt daarmee buiten de scope van deze rapportage.

5.1.6 Toekomstige wetgeving

Geothermie tijdelijk beleidskader en nieuwe wetgeving

Zoals ook beschreven is in het Masterplan Aardwarmte, is een meer passend wettelijk kader voor aardwarmte in Nederland gewenst. Dit betreft in hoofdzaak de mijnbouwwet. Het is te verwachten dat deze in de loop van 2019 ontwikkeld zal worden, waarna implementatie in 2021 te verwachten valt. Tot die tijd is te verwachten dat een tijdelijk beleidskader voor aardwarmte opgesteld zal worden. Waarschijnlijk zal deze in de loop van 2019 reeds actief zijn.

Omgevingswet

In 2021 treedt de nieuwe Omgevingswet in werking. Veel vergunningplichtige activiteiten worden dan ondergebracht in algemene regels. Wat er precies onder deze regels gaat vallen met betrekking tot geothermie is nog niet geheel duidelijk. Op dit moment (februari 2020) is duidelijk dat geothermie qua vergunning blijft vallen onder de mijnbouwwet voor alles behalve voor milieu. Qua milieu valt geothermie onder de omgevingswet en meer specifiek onder het BAL (Besluit activiteiten leefomgeving). Geothermie, het aanleggen en testen van een put, is hierin aangemerkt als een milieubelastende activiteit.

¹⁰ DAGO heeft richtlijn en industriestandaard voor omgang met natuurlijke radioactiviteit, aansluitend op de kernenergiewetgeving.

Daarnaast is het begrip verplaatsbaar mijnbouwwerk geïntroduceerd. In het memorie van toelichting wordt uitgelegd dat dit werk via vrachtwagen wordt aangevoerd. Het is een samenstel van systemen die nodig zijn om een boorgat te maken waarmee diep gelegen delfstoffen of aardwarmte bereikt kunnen worden. Tevens wordt in de memorie van toelichting opgemerkt dat het winnen van aardwarmte een vergunningplichtige activiteit betreft.

Waterwet

Voor de Waterwet geldt dat deze opgaat in de Omgevingswet. Ook hier worden veel vergunningplichtige activiteiten ondergebracht in algemene regels. Voor een deel zijn dit de regels die door het waterschap of hoogheemraadschap zelf worden opgesteld.

5.2 Algemene regels

5.2.1 Besluit algemene regels mijnbouw milieu (Barmm)

In beginsel wordt de boring uitgevoerd met een mobiele boorinstallatie. In principe zal altijd gebruik worden gemaakt van een mobiele installatie. De installatie blijft niet permanent staan en wordt gebruikt om een beperkt aantal boorgaten aan te leggen. Mocht er sprake zijn van een vaste installatie, dan is de Mijnbouwwet en/of het Activiteitenbesluit van toepassing.

In het Barmm (Besluit algemene regels milieu mijnbouw) en de bijbehorende regeling (Rarmm) zijn regels opgenomen die van toepassing zijn als een mobiele installatie wordt gebruikt. Het gaat hierbij om speciale milieubescherpende voorschriften. Met name in hoofdstuk 3 zijn de voorschriften opgenomen die van toepassing zijn, of kunnen zijn, als het gaat om het uitvoeren van een boring met een mobiele boorinstallatie op land.

Boren, testen van putten en aquifer

Na aanleggen van de locatie en het voltooiën van elke boring is het noodzakelijk om de put aan een productietest te onderwerpen. Bij een positief resultaat van de test bij de eerste put kan er doorgedaan worden met de boring van de tweede put. Als het resultaat negatief is moet er een alternatief plan opgesteld worden om het project rendabel te maken of te beëindigen.

De meest nauwkeurige testmethode is met een ESP-pomp die (tijdelijk) in de productieput ingebouwd wordt. De ingebouwde pomp hangt enkele honderden meters onder het waterniveau. Doordat er pompwater uit de put wordt gepompt verlaagt deze het waterniveau in de put, met als gevolg een lagere druk, zodat het water uit de watervoerende laag begint toe te stromen naar de put.

Belangrijk is dat het tijdelijk depot voldoende opvangcapaciteit voor het opgepompte formatiewater heeft en er nagedacht is over hoe zout water afgevoerd kan/mag worden.

Naast een productietest is het ook mogelijk om een injectietest op een put te doen, met andere woorden hoe makkelijk stroomt het water weer terug de watervoerende laag in

5.2.2 Activiteitenbesluit en besluit lozen buiten inrichtingen

De activiteit geothermie is in beide besluiten niet beschreven. Er zijn dus geen specifieke algemene regels of mogelijkheden tot maatwerkvoorschriften voor deze activiteit of lozingen als gevolg van deze activiteit. De lozing van testwater kan daardoor via deze route niet geregeld worden.

Overigens wordt opgemerkt dat hoofdstuk 2 van het Blbi, met name artikel 2.1 betreffende de zorgplicht, altijd van toepassing is.

Let op; de lozingen afkomstig van geothermie moeten niet verward worden met de lozingen afkomstig van bodemenergiesystemen. Deze laatste activiteit vindt plaats in de ondiepe ondergrond in tegenstelling tot de activiteit geothermie dat plaatsvindt in de diepe ondergrond. De lozingen van bodemenergiesystemen zijn opgenomen in zowel het Activiteitenbesluit als het besluit lozen buiten inrichtingen.

Aanvullend wordt opgemerkt dat op het moment dat het testwater aanvullende behandelingen ondergaat of als het onverhoopt gemengd wordt met ander water, bijvoorbeeld hemelwater, er wellicht een afvalwaterstroom ontstaat die wel onder het Activiteitenbesluit kan vallen of onder het besluit lozen buiten inrichtingen. Deze opties zijn in het kader van dit onderzoek niet nader beschouwd.

5.3 Nadere uitwerking diverse aspecten

5.3.1 Nadere uitwerking opslag van testwater in tijdelijke opslagvoorzieningen

Bij de activiteit winning van aardwarmte wordt het geheel als een inrichting aangemerkt. Het milieu wordt in dat geval vanuit wet- en regelgeving beschermd door de Mijnbouwwet en het bijbehorende besluit, het Activiteitenbesluit en het Barmm. Het Barmm zegt echter niets over tijdelijke opslagvoorzieningen vanuit het ruimtelijke ordening perspectief. Zie hiervoor de volgende paragraaf.

Tijdens het testen van de putten wordt het testwater in principe opgeslagen in tijdelijke depots binnen de mijnbouwinstallatie. Hoofdstuk 3 van het Barmm geeft voorschriften voor werkzaamheden met mobiele installaties op land, waaronder voorschriften voor de opslag van stoffen ten behoeve van de activiteit (Artikel 9). Een van deze activiteiten betreft het opslaan van testwater. Artikel 27 van het Barmm geeft aan dat er voldaan moet worden aan categorie A of A*, verwaarloosbaar bodemrisico, conform de NRB. De tijdelijke opslagvoorzieningen voor testwater dienen dan ook minimaal te voldoen aan deze categorieën.

De NRB beschrijft in paragraaf 1.4 de opslag van vloeistoffen in putten en bassins. In deze paragraaf staan de voorzieningen en maatregelen die getroffen moeten worden om te komen tot een verwaarloosbaar bodemrisico. De combinatie van voorzieningen en maatregelen (CVM) mag uitgevoerd worden volgens CVM-nummer 1 of nummer 2 zoals genoemd in tabel 5.1.

Tabel 5.1: CVM op basis van de NRB

CVM nr:	Voorziening	Maatregelen
I	- Put of bassin uitgevoerd als kerende voorziening en; - Lekdetectie.	- Periodiek controle functioneren lekdetectie en; - faciliteiten en personeel.
II	Put of bassin uitgevoerd als vloeistofdichte voorziening.	- Periodiek inspectie én controle vloeistofdichte voorziening en; - Visueel toezicht en; - algemene zorg.

5.3.2 Nadere uitwerking aspect tijdelijke opslagvoorziening

Het testwater opgeslagen in tijdelijke opslagvoorziening. Daarbij is de vraag ontstaan in hoeverre de bassins daadwerkelijk als tijdelijke opslagvoorziening zijn aan te merken. Daarom is nader beschouwd welke juridische voorwaarden daarvoor gelden in het geval deze niet kunnen worden aangemerkt als een tijdelijke opslagvoorziening.

Allereerst is beschouwd wanneer een bassin is aan te merken als een bouwwerk waarvoor op grond van de wet een vergunningplicht geldt voor het bouwen ervan¹¹. Uit de rechtspraak blijkt dat voor de uitleg hiervan aansluiting moet worden gezocht bij de modelbouwverordening¹². De omschrijving luidt:

"elke constructie van enige omvang van hout, steen, metaal of ander materiaal, die op de plaats van bestemming hetzij direct of indirect met de grond verbonden is, hetzij direct of indirect steun vindt in of op de grond, bedoeld om ter plaatse te functioneren".

Uit deze omschrijving kunnen vier vereisten worden afgeleid die bepalen of sprake is van een bouwwerk in de zin van de wet:

1. Elke constructie;
2. Van enige omvang;
3. Direct of indirect met de grond verbonden, hetzij direct of indirect steunend in of op de grond;
4. Bedoeld om ter plaatse te functioneren.

Wordt aan alle vier vereisten voldaan dan is het niet toegestaan om de bassins zonder omgevingsvergunning (voor bouwen) te bouwen¹³. De rechtspraak over bouwwerken is sterk gevalafhankelijk. De rechtspraak is wel maatgevend voor de (test)waterbassins. Met name de vereisten 'constructie' en 'ter plaatse functioneren' bieden een goed aantal aanknopingspunten om te betogen dat bassins geen bouwwerken zijn, mits:

- Het bassin ontstaat door het uitvoeren van (alleen) grondwerk.
- Het bassin geplaatst wordt op de grond.
- Het bassin niet bedoeld is om (lang) ter plaatse te functioneren.
- Het bassin geen aan- en/of afvoersysteem of drainagesysteem heeft.
- Het bassin eenvoudig kan worden gedemonteerd c.q. verwijderd.

Het is goed verdedigbaar dat het bassin, binnen deze aanknopingspunten, niet als een bouwwerk wordt aangemerkt en dus dat de bassins vergunningvrij kunnen worden geplaatst.

Dat een bassin een bouwwerk is, betekent niet dat de bassins per definitie overal bouwvergunningplichtig zijn. Zoals gezegd, kent de wet categorieën gevallen die worden aangewezen waarvoor het verbod om die activiteit te verrichten zonder een omgevingsvergunning (voor bouwen en/of voor het afwijken van het bestemmingsplan), niet geldt. Gemeenten en andere betrokken overheden kunnen kiezen om de bassins vergunningvrij toe te laten, tijdelijk te gedogen dan wel te vergunnen. Bij wijze van proef zou een rechterlijk oordeel kunnen worden gevraagd, welk oordeel als precedent inkleuring en sturing kan geven aan het beleid van overheden.

Uit het voorgaande blijkt dat op basis van huidige regelgeving de juridische mogelijkheden tot opslag van (rest)water in bassins beperkt zijn. Er is rechtspraak waaruit waardevolle aanknopingspunten kunnen worden gehaald om de bassins zonder vergunning toe te laten, maar zekerheid biedt deze casuïstische rechtspraak niet, nu elk object op eigen merites moet worden beoordeeld. Een aanvulling van de regels voor vergunningvrij bouwen, een proefproces of een beleidstuk (van Rijksweg) waarin die aanknopingspunten worden uitgewerkt en een kader wordt geschetst voor (de ruimtelijke inpasbaarheid van) de bassins zou duidelijkheid en een bestendige praktijk kunnen bieden.

¹¹ Ingevolge artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder a, van de Wabo is het verboden zonder omgevingsvergunning een project uit te voeren, voor zover dat geheel of gedeeltelijk bestaat uit het bouwen van een bouwwerk.

¹² Uitspraak van 17 juli 2013 in zaak nr. 201300743/1/A1.

¹³ Waarbij artikel 1.1 lid 1 Wabo bepaalt dat onder bouwen wordt verstaan het plaatsen, geheel of gedeeltelijk oprichten, vernieuwen, veranderen of vergroten.

5.3.3 Nadere uitwerking aspect afvoer en lozen van testwater

Voor het verwerken of lozen van het testwater zijn meerdere mogelijkheden in volgorde van voorkeur conform algemeen Nederlands beleid:

- 1 Herinjectie in de diepe ondergrond
- 2 Lozen op het oppervlaktewater
- 3 Lozen op het riool
- 4 Afvoeren naar een erkende verwerker

In afwijking daarvan is in het Barmm vastgelegd dat het testwater geloosd moet worden via het vuilwaterriool of afgevoerd moet worden per as. Hier kan door middel van artikel 5b in het Barmm vanaf worden geweken. Dit betekent dat voor de gekozen route, bijvoorbeeld herinjectie, dit moet worden geregeld in de omgevingsvergunning compartiment milieu en in de watervergunning.

Herinjectie

De Waterwet is niet van toepassing onder 500 meter waardoor herinjectie onder het Barmm valt. De toets zou door SodM plaatsvinden waarbij herinjectie plaatsvindt in hetzelfde reservoir. Op welke gronden SodM de herinjectie toetst is vooralsnog een bij SodM uitstaande vraag.

Lozen van testwater op het oppervlaktewater

Het lozen van testwater op oppervlaktewater, is conform artikel 6.2 van de Waterwet, zonder vergunning niet toegestaan. Voor de lozing van testwater dient een watervergunning aangevraagd te worden bij het bevoegd gezag. Het bevoegd gezag voor de lozing is afhankelijk van de locatie en het type ontvangend oppervlaktewater. De maximale lozingsconcentraties hangen af van de gewenste functie van het oppervlaktewater waarop de lozing is voorzien. Deze concentraties worden evenals het lozingsdebiet en de periode vastgelegd in een watervergunning. Om aan de lozingseisen te voldoen wordt in veel gevallen het testwater behandeld in een afvalwaterzuiveringsinstallatie voordat het geloosd wordt.

Alhoewel op grond van het Barmm de lozing van testwater op oppervlaktewater niet mogelijk is kan hiervan worden afgeweken. Het SodM dient hiermee in te stemmen. Afwijking is mogelijk op grond van artikel 5b van het Barmm.

Lozen van testwater op het vuilwaterriool

Het Barmm geeft in artikel 32 aan dat bedrijfsafvalwater geloosd mag worden op het vuilwaterriool, mits hiervoor toestemming is verkregen van de beheerder. De gemeente of, indien gedelegeerd, de omgevingsdienst/regionale uitvoeringsdienst is veelal het bevoegde gezag voor lozingen op een openbaar vuilwaterriool. In afstemming met de afdeling beheer van de betreffende gemeente zal bepaald worden of het lozen op een vuilwaterriool een optie is. Afwijking is mogelijk op grond van artikel 5b van het Barmm.

Afvoeren testwater naar een erkende verwerker

Het Barmm geeft in artikel 32 aan dat bedrijfsafvalwater opgevangen dient te worden en vervolgens afgevoerd moet worden naar een erkende verwerker. Vanuit de opslagdepots wordt het water via trucks afgevoerd naar een erkende verwerker. Afwijking is mogelijk op grond van artikel 5b van het Barmm.

Beleid verwerking testwater gebaseerd op het LAP

Naast de wet- en regelgeving worden er vanuit het beleid ook richting gegeven aan de verwerking van het testwater.

In Nederland wordt de verwerking van afvalwater verder uitgewerkt in het landelijk afval beheerplan (LAP) 2017-2029. In dit LAP is de transitie naar een circulaire economie en de bijdrage die het LAP daaraan kan leveren een belangrijk thema geweest. Het LAP bestrijkt niet het gehele afvalveld, maar geeft een goed overzicht van een groot deel van het afvalveld. Tevens draagt het bij aan de uniformering van de uitvoering van het afvalbeleid. Het LAP kent zogenoemde sectorplannen. In deze sectorplannen is het beleid uit het beleidskader nader uitgewerkt voor verschillende afvalwaterstromen. Dit kan ofwel een verduidelijking zijn of een afwijking van een bepaalde algemene beleidslijn als daar een reden voor is.

In het LAP is een zogenoemde afvalhiërarchie beschreven. Deze is weergegeven in tabel 5.2.

Tabel 5.1: LAP3 Afvalhiërarchie

Verwerkings-mogelijkheden	Stappen
Preventie;	a. preventie
Nuttige toepassing	b. voorbereiding voor hergebruik
	c1. recycling van het oorspronkelijke functionele materiaal in een gelijke of vergelijkbare toepassing
	c2. recycling van het oorspronkelijke functionele materiaal in een niet gelijke of vergelijkbare toepassing
	c3. chemische recycling
	d. andere nuttige toepassing, waaronder energierugwinning
Verwijdering	e1. verbranden als vorm van verwijdering
	e2. storten of lozen

Op basis van deze hiërarchie is deze ingekort voor toepassing op het testwater.

- **Preventie:**
Het voorkomen van het ontstaan van testwater en daarna het zoveel mogelijk beperken qua volume van het ontstaan van testwater;
- **Hergebruik (nuttige toepassing):**
Het testwater is hierbij geschikt voor hergebruik of wordt geschikt gemaakt voor hergebruik;
- **Lozen:**
Hierbij wordt het testwater geloosd, hetzij via vuil- of schoonwaterriolering of direct naar het oppervlaktewater na behandeling in een afvalwaterzuiveringsinstallatie.

Het in het eerste stadium vrijkomende afvalwater van de boring bevat boorgruis en boorspoeling. Voor de afvoer en verwerking daarvan moet rekening worden gehouden met hetgeen beschreven is in het sectorplan in het LAP. Afhankelijk van de gebruikte hulpmiddelen kan dit afvalwater vallen onder het sectorplan 60 (oliehoudende boorspoeling en boorgruis) of 58 (olie/watermengsels, olie/water/slib mengsels en oliehoudende slibben). Ook de eventuele 'bijvangst' kan aanleiding geven tot indeling in een van de genoemde sectorplannen of zelfs een volledig ander sectorplan.

Het testwater dat vrijkomt in stadium 2 en 3 bevat geen boorspoeling. Het testwater dat vrijkomt in stadium 2 bevat een beperkte hoeveelheid onopgeloste bestanddelen. Het testwater dat vrijkomt in stadium 3 bevat minder of geen onopgeloste bestanddelen. Ook voor deze afvalwaterstromen geldt dat, afhankelijk van de eventuele 'bijvangst', alsnog aanleiding geeft tot indeling in een sectorplan.

Er is op dit moment slechts beperkte ervaring met herinjectie. De (on)mogelijkheden hiervan moeten nog onderzocht worden, evenals de mogelijkheden tot beperking van de hoeveelheid testwater (lopend onderzoek TNO).

5.3.4 Nadere uitwerking aspect veiligheid

In de Mijnbouwwet, het mijnbouwbesluit en de mijnbouwregelgeving zijn eisen gesteld aan de installaties zelf en aan de toegankelijkheid van de onmiddellijke omgeving van de installaties. Tevens wordt om een veiligheids- en gezondheidsdocument (VG-document) gevraagd en verwezen naar het arbeidsomstandighedenbesluit. Dit besluit is gebaseerd op de Arbowet. Het besluit geeft nadere regels in het belang van onder andere veiligheid, de inrichting van arbeidsplaatsen, gevaarlijke stoffen, persoonlijke beschermingsmiddelen en gezondheid in verband met arbeid. Het besluit kent zowel concrete regels als voorschriften. De voorschriften zijn zo geformuleerd dat zij aangeven welk resultaat het beleid moet hebben maar leggen niet dwingend op hoe dat resultaat bereikt moet worden.

Het VG-document beslaat alle fasen van het geothermieproject. Iedere fase van het project kent specifieke processen en werkzaamheden en daarmee risico's en aandachtsgebieden. De Arbeidsomstandighedenwet verplicht om per fase een risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) uit te voeren. Hierin wordt vastgelegd welke nieuwe risico's de nieuwe fase met zich meebrengt.

Op het moment dat de installatie voor geothermie wordt aangemerkt als een mobiele installatie dan valt deze onder het Barmm. Hierin zijn voorschriften opgenomen dat het terrein omheind moet worden en hoe het terrein verder moeten worden ingericht. Van hieruit wordt niet expliciet verwezen naar de Arbowet en aanverwante besluiten en regelingen. Deze wet- en regelgeving is echter van zichzelf van toepassing omdat het erop toeziet dat werkgevers dusdanige omstandigheden moeten creëren zodat de werknemers veilige en gezond kunnen werken.

Opgemerkt wordt dat de geothermie een relatief jonge en nog kleine sector betreft in verhouding tot de olie- en gassector. Door staatstoezicht op de mijnen is in 2017 aangegeven dat de sector moeite heeft om de benodigde deskundigheid en ervaring te mobiliseren, toe te passen en te borgen. De sector heeft een zwakke veiligheidscultuur, de veiligheid- en milieurisico's worden in het algemeen onvoldoende herkend en beheerst en wet- en regelgeving worden niet goed genoeg nageleefd. Staatstoezicht op de mijnen adviseert dan ook strenge eisen te stellen aan deskundigheid, materiaal keuze, projectmanagement en financiële zekerheden en om de Mijnbouwwet daarop aan te passen¹⁴. Er zijn echter ook goede aspecten. SodM ervaart de opstelling en samenwerkingsbereidheid van het Platform Geothermie en DAGO als positief en ziet een sleutelpositie voor deze partijen ter bevordering van de branche professionalisering. Binnen de geothermiesector werkt DAGO als collectief om de veiligheidsaspecten en veiligheidscultuur met haar leden te verhogen.

¹⁴ <https://www.sodm.nl/actueel/nieuws/2017/07/13/staat-van-de-sector-geothermie-ook-aardwarmte-moet-veilig-gewonnen-worden> op basis van de 'Brief Staat van de Sector Geothermie' en 'Staat van de sector Geothermie'.

6 Opslag in tijdelijke opslagvoorzieningen

Noodzaak tijdelijke opslag van testwater

Naar verwachting is het tijdelijk opslaan van testwater altijd noodzakelijk. In onderstaande opsomming zijn de redenen hiervoor aangegeven:

- In voorkomende gevallen moet op basis van de kwaliteit van het testwater nog een lozingsroute worden gekozen en de bijbehorende vergunning worden aangevraagd.
- In het geval de vergunning beschikbaar is moet vastgesteld worden of de kwaliteit van het testwater voldoet aan de gestelde lozingsnorm.
- Afhankelijk van de kwaliteit kan een restrictie in het debiet worden opgelegd waarmee het behandelde testwater mag worden geloosd.
- Het testwater moet op locatie worden behandeld voordat het geloosd of afgevoerd kan worden.
- Het debiet waarmee daadwerkelijk geloosd kan worden is vaak kleiner dan de hoeveelheid water die gedurende de fasen 2 en 3 vrijkomt.

Geothermie wordt gezien als een wenselijke, duurzame ontwikkeling. Op dit ogenblik worden in een hoog tempo nieuwe putten aangelegd. Hiermee ontstaat voortschrijdend inzicht en wordt de ondergrond verder in kaart gebracht. Verwacht wordt dat het vaststellen van de kwaliteit van het testwater niet meer in alle gevallen noodzakelijk zal zijn en productietesten steeds sneller en met kleinere hoeveelheden testwater worden uitgevoerd. In de geothermiesector zal men steeds meer een portfolio benadering hanteren. Hierbij wordt een gebied integraal benaderd en worden meerdere doubletten uitgevoerd.

Tijdelijke opslag en uitdagingen huidige praktijk

Bij de reeds uitgevoerde geothermie projecten worden problemen ervaren bij het tijdelijk opslaan van testwater. In de navolgende opsomming wordt een overzicht gegeven.

- Ruimtelijk probleem. Met name in de bebouwde omgeving is op de locatie zelf of in de nabijheid geen ruimte om opslag te realiseren. Dit betekent dat het testwater direct moet worden afgevoerd
- Zorgplicht bescherming bodem. Onder en in de nabijheid van de opslag worden niet voldoende bodembeschermende voorzieningen toegepast.
- Zorgplicht kwaliteit testwater. Om redenen wordt het testwater opgeslagen in voorzieningen zonder overkapping. Daarnaast is de tijdelijke opslag vaak langdurig van aard. Door het ontbreken van de overkapping kan regenwater in de opslagvoorziening terecht komen en kan bij teveel neerslag de opvangvoorziening als gevolg daarvan overlopen.
- Wet- en regelgeving. In de praktijk wordt onduidelijkheid ervaren aan welke wet- en regelgeving voldaan moet worden..

Tijdelijkheid

In de praktijk blijkt dat de opslagvoorzieningen gedurende bepaalde tijd blijven staan. Het is op voorhand niet altijd duidelijk hoe lang die bepaalde tijd is. In de wet- en regelgeving is hiervoor geen definitie opgenomen. Als vuistregel wordt vaak een termijn van 6 maanden als tijdelijk beschouwd. Voorgesteld wordt om die hier ook te hanteren.

Aan SodM is gevraagd naar haar standpunt met betrekking tot eisen aan de opslag, specifiek wat betreft het toepassen van een afdekking. Het niet afdekken van de testwater bassins is tot nu toe door SodM toegestaan. Vanuit de algemene wetgeving en beleid dient het ontstaan van reststromen/afvalstromen te worden voorkomen (bronmaatregelen) of te worden beperkt. Vanuit dat oogpunt zou vermenging met hemelwater moeten worden voorkomen door de bassins af te dekken of iets gelijkwaardigs. Antwoord op vragen aan SodM wordt later verwacht.

Kwaliteitseisen ten behoeve van de tijdelijke opslag

Het testwater in de aanleg- en testfase is nog niet te benutten om warmte uit te winnen, omdat er (veelal) nog geen installaties zijn gebouwd om de warmte uit het water te halen. Bovendien bevat testwater zout en andere (hulp)stoffen die de verwijderingsmogelijkheden beperken. Ondanks het gegeven dat de samenstelling van het testwater per fase kan verschillen, is de gemiddelde samenstelling van testwater grosso modo als volgt¹⁵:

- grote hoeveelheden zout (in de vorm van ca. 100 gram NaCl/liter, ca. 3 x hoger dan zeewater);
- vaste delen (zand, klei en kalk), vooral bij aanvang test- en aanlegfase;
- overige natuurlijke stoffen (metalen, zwaveldioxide, methaan en andere koolwaterstoffen opgelost of gasvormig);
- eventuele (hulp)stoffen, toegevoegd aan het testwater ter voorkoming van met name corrosie en verstopping in het buizenstelsel (normaliter alleen als put lang stil moet staan)¹⁶;
- een hoge temperatuur (tot 90°C);
- Zeer Zorgwekkende Stoffen (zie §3.2.2 concept eindrapport Testwater);
- radioactiviteit van natuurlijke oorsprong (NORM).

6.1 Opslag in bassins

6.1.1 Wettelijk kader

De tijdelijke opslag in bassins worden vanuit de Mijnbouwwet, Barmm/Activiteitenbesluit of het onderdeel milieu uit de Wabo de opslag gereguleerd. Hierbij is in de vigerende wet- en regelgeving beschreven waaraan voldaan moet worden zonder dat daaraan concreet invulling voor wordt gegeven.

Niet alleen de kwaliteit van het testwater bepaalt aan welke eisen voldaan moet worden. Ook vanuit het V&G plan en bijbehorende RI&E volgen eisen waaraan voldaan moet worden om eventuele risico's (milieu en veiligheid) te mitigeren. Hierbij moet rekening gehouden worden met de temperatuur en de samenstelling van het testwater. Dit bepaalt mede de kwaliteit en het materiaal van het bassin waarin het testwater wordt opgeslagen.

Voor de bescherming van het milieu, met name de bodem, moet voldaan worden aan een verwaarloosbaar bodemrisico conform de NRB.

Op grond van ervaringen in de praktijk wordt aandacht gevraagd voor afdekking of overkapping van het bouwwerk. Hiermee wordt voorkomen dat de opslagvoorziening ongecontroleerd overloopt als gevolg van neerslag. Tevens wordt zo voorkomen dat de kwaliteit van het testwater verandert als gevolg van neerslag.

6.1.2 Praktische invulling

Deze opvangbassins zijn conform de Nrb en het Barmm in de regel altijd voorzien van;

- voldoende opvangcapaciteit (5.000 – 6.000 m³);
- bodembeschermende voorzieningen waaronder dubbellaags folie van voldoende dikte (> 0,6 mm) en bestand tegen hoge temperaturen (≤ 90°C);
- overvuldetectie en overloopbeveiliging met een afvoer-/drainagesysteem.

¹⁵ Meer gedetailleerde samenstellingsgegevens zijn in tabel 3.1 gegeven

¹⁶ Vooralsnog is onvoldoende informatie beschikbaar over type stoffen, toepassingsfrequentie en toegepaste hoeveelheid. Binnenkort komt een rapport van Witteveen + Bos beschikbaar waarin aandacht wordt besteed aan deze stoffen

Aanvullend zijn de volgende maatregelen noodzakelijk:

- detectie-, pomp- en ontluchtingssystemen om de adequate werking van de folie te garanderen;
- peilbuizen om potentiële bodemverontreiniging te kunnen monitoren;
- afdekking of overkapping om vermenging met hemelwater en zuurstof (voor herinjectie is zuurstofloos water nodig), warmteverlies, verdamping/verneveling en maatschappelijke weerstand te voorkomen;
- reiniging van het opvangbassin na verwijdering testwater;
- interne procedures en werkinstructies met betrekking tot veiligheid, inspectie, onderhoud en onvoorziene gevallen.

6.2 Opslag in bouwwerken

6.2.1 Wettelijk kader

Een alternatief voor de opslag van testwater in bassins is de opslag in tanks of silo's. Net zoals bij de tijdelijke opslag in bassins worden vanuit de Mijnbouwwet, Barmm/Activiteitenbesluit of het onderdeel milieu uit de Wabo de opslag gereguleerd. Hierbij is in de vigerende wet- en regelgeving beschreven waaraan voldaan moet worden zonder dat daaraan concreet invulling voor wordt gegeven.

Niet alleen de kwaliteit van het testwater bepaalt aan welke eisen voldaan moet worden. Ook vanuit het V&G plan en bijbehorende RI&E volgen eisen waaraan voldaan moet worden om eventuele risico's (milieu en veiligheid) te mitigeren. Hierbij moet rekening gehouden worden met de temperatuur en de samenstelling van het testwater. Dit bepaalt mede de kwaliteit en het materiaal van het bouwwerk waarin het testwater wordt opgeslagen.

Voor de bescherming van het milieu, met name de bodem, moet voldaan worden aan een verwaarloosbaar bodemrisico conform de NRB.

Daarnaast kan gebruikt gemaakt worden van een van de aangewezen BBT-documenten, namelijk de PGS richtlijnen. Alhoewel deze niet direct van toepassing zijn, geven deze documenten een goed beeld welke maatregelen getroffen moeten worden. Afhankelijk van de kwaliteit van het testwater en eventuele bijvangst kan gebruikt gemaakt worden van de PGS 31, 30 of 29. Hierin zijn ook de verladingsvoorzieningen beschreven.

Ook voor opslag in bouwwerken wordt, op grond van ervaringen in de praktijk, aandacht gevraagd voor afdekking of overkapping van het bouwwerk. Hiermee wordt voorkomen dat de opslagvoorziening ongecontroleerd overloopt als gevolg van neerslag. Tevens wordt zo voorkomen dat de kwaliteit van het testwater verandert als gevolg van neerslag.

6.2.2 Praktische invulling

Deze opslagen zijn conform de Nrb en het Barmm in de regel altijd voorzien van;

- voldoende opvangcapaciteit (5.000 – 6.000 m³);
- bodembeschermende voorzieningen met voldoende containment voor opvang van de inhoud van de opslag en bestand tegen hoge temperaturen ($\leq 90^{\circ}\text{C}$);
- overvuldetectie en overloopbeveiliging met een afvoer-/drainagesysteem.

Aanvullend zijn onderstaande voorzieningen noodzakelijk:

- detectie-, pomp- en ontluchtingssystemen om de adequate werking te garanderen;
- peilbuizen om potentiële bodemverontreiniging te kunnen monitoren;
- afdekking of overkapping om vermenging met hemelwater en zuurstof (voor herinjectie is zuurstofloos water nodig), warmteverlies, verdamping/verneveling en maatschappelijke weerstand te voorkomen;
- reiniging van het opslag na verwijdering testwater;
- interne procedures en werkinstructies met betrekking tot veiligheid, inspectie, onderhoud en onvoorziene gevallen.

6.3 Optimalisatiemogelijkheden opslag

Op basis van voorgaande beschrijving en bevindingen volgt hierna een aanzet voor het optimaliseren van de (tijdelijke) opslag van testwater van geothermie. Deze aanzet is erop gericht om het testwater op een zo (milieu)technisch, circulair, maatschappelijk en financieel verantwoord mogelijke wijze op te slaan en te verwijderen. Daarbij wordt uitgegaan van de verschillende fasen en processtappen en een – mogelijk thans nog niet haalbare maar wel realistische en nader te onderzoeken – ideale situatie.

Welnu, in de meest ideale situatie:

- is de samenstelling en hoeveelheid van het tijdens de aanleg- en testfase vrijkomende testwater ruim vantevoren onderzocht en bekend zodat de meest optimale opslag- en verwijderingsmogelijkheden bedacht, ontworpen en voorbereid kunnen worden;
- worden zowel de productie- als injectieput dusdanig ontworpen dat aantasting en verstopping door corrosie en zand tot een minimum worden beperkt en de levensduur van het doublet aanzienlijk wordt verlengd. Hierbij wordt onder andere gedacht aan extra binnenbuizen van glass-reinforced epoxy (GRE) in combinatie met een stalen buitenwand;
- worden de testwater opslagvoorzieningen altijd (aanvullend) voorzien van:
 - een afdekking of overkapping om vermenging met hemelwater en zuurstof, warmteverlies, verdamping/verneveling en maatschappelijke weerstand te voorkomen. Hierbij kan gedacht worden aan de verplaatsbare en multifunctionele 'Shaded Dome' waarmee onder andere elektriciteit opgewekt kan worden voor onder andere een ontziltingsinstallatie;
 - back-up opslagmedia binnen of in de nabijheid van de geothermie inrichting zodat al het testwater verantwoord kan worden opgeslagen en verwijderd;
- kan in geval van voortdurende twijfels over de thans gangbare opvangbassins met dubbellaags folie als alternatief (experiment) worden gekozen voor een zandbentoniet onderafdichting zoals de firma Trisoplast die wereldwijd toepast; een dergelijk toepassing heeft naast adequate bodembescherming onder andere als voordeel dat deze flexibel, recyclebaar en meervoudig op verschillende locaties toepasbaar is;
- vindt – ongeacht het soort opslagvoorziening – na de opslagfase van het testwater altijd reiniging van de opslagvoorzieningen plaats zodat eventuele verontreiniging achteraf wordt voorkomen.

6.4 Aanzet voor de industriestandaard

Vooruitlopend op de hiervoor geschetste 'ideale situatie' en in afwachting van nadere onderzoeksresultaten kunnen voor de opslagvoorzieningen als zodanig de volgende uitgangspunten en/of randvoorwaarden worden gesteld die als (tijdelijke) industriestandaard gebruikt en voorgeschreven kunnen worden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen situaties waarbij voldoende (opslag)ruimte beschikbaar is en waarbij onvoldoende tijdelijke opslagcapaciteit gerealiseerd kan worden.

A. Voldoende ruimte beschikbaar: opslagbassins met volgende specificaties:

- opslagcapaciteit minimaal 6.500 m³ testwater (5.000 m³ + 25%);
- een (half of geheel) verdiept bassin met voldoende drukbestendige taluds of dijken;
- bassinbekleding met dubbellaags kunststof folie van PP, PE, PVC of EPDM uit één stuk (zonder naden) met een dikte van 0,6 – 1 mm die bestand is tegen hoge temperaturen ($\leq 90^{\circ}\text{C}$) en zoutgehalten (100 g/l) en die voldoende chemisch resistent en UV-bestendig is;
- een onderafdichting met een bodemvilt of beschermdoek van ten minste 250 gr/m² om foliebeschadiging te voorkomen (of alternatief zandbentoniet);
- een gesloten (drijvende of zwevende) bovenafdichting die anti-alg, damp- en waterdicht is, bestand tegen hoge temperaturen ($\leq 90^{\circ}\text{C}$) en zoutgehalten (100 g/l), die voldoende chemisch resistent en UV-bestendig is en waarvan het hemelwater afloopt;
- conische doorvoeren met waterdoseerslurven voor (en met dezelfde kenmerken van) de bassinbekleding om testwater en eventuele hulpstoffen aan te vullen en/of overtollig testwater te kunnen afvoeren en/of verwijderen;

B. Onvoldoende ruimte beschikbaar: prefab tanks of silo's met volgende specificaties:

- opslag capaciteit minimaal 6.500 m³ testwater (5.000 m³ + 25%);
- mobiele roestvast stalen watersilo's met een dikte van 0,8 – 1 mm, een treksterkte S 280 volgens DIN-EN101147, voorzien van een interne kunststof silobekleding van PP, PE, PVC of EPDM (en een coating van 200 μm aan binnen- en buitenzijde voor extra lange levensduur) die bestand zijn tegen hoge temperaturen ($\leq 90^{\circ}\text{C}$) en zoutgehalten (100 g/l) en die voldoende chemisch resistent zijn;
- een onderafdichting met een bodemvilt van ten minste 250 gr/m² om foliebeschadiging te voorkomen;
- een gesloten (drijvende of verhoogde) bovenafdichting die anti-alg, damp- en waterdicht is, bestand tegen hoge temperaturen ($\leq 90^{\circ}\text{C}$) en zoutgehalten (100 g/l), die voldoende chemisch resistent en UV-bestendig is en waarvan het hemelwater afloopt;
- conische doorvoeren met waterdoseerslurven voor (en met dezelfde kenmerken van) de silobekleding om testwater en eventuele hulpstoffen aan te vullen en/of overtollig testwater te kunnen afvoeren en/of verwijderen;
- een robuust laddersysteem voor veilige inspectie en onderhoud.

C. Algemene eisen voor zowel A als B:

- snel en eenvoudig (ver)plaatsbare en herbruikbare bassins of silo's;
- detectie-, pomp- en ontluchtingssystemen om de adequate werking van bassin- en silobekleding te garanderen;
- peilbuizen om potentiële bodemverontreiniging te kunnen monitoren;
- overvulbeveiliging d.m.v. niveau-indicators en automatische afvoerpompen;
- back-up opslagmedia in de nabijheid van de boorlocatie zodat al het testwater verantwoord kan worden opgeslagen;
- na de tijdelijke opslag van het testwater vindt altijd reiniging van de opslagvoorzieningen plaats zodat eventuele verontreiniging ter plaatse of elders wordt voorkomen;
- interne procedures en werkinstructies met betrekking veiligheid, inspectie, onderhoud en onvoorziene gevallen.

7 Verwerkingsroutes

Na de tijdelijke opslag van het testwater zijn er verschillende verwerkingsroutes mogelijk. De kwaliteit en kwantiteit van het testwater, maar ook de locatie van het geothermieproject zijn van invloed op de keuze van de route. In dit hoofdstuk worden de verwerkingsroutes toegelicht.

Het te lozen testwater zal voor elk van de 4 lozingsroutes behandeld moeten worden om de aanwezige verontreinigingen te verwijderen. De mate waarin verwijdering noodzakelijk is hangt mede af van de lozingsroute. De wet- en regelgeving en het beleid vereist vanuit het zorgplicht perspectief in ieder geval de toepassing van de beste beschikbare technieken. Er wordt niet voldaan aan de best beschikbare technieken als het testwater wordt verwerkt zonder enige behandeling waarbij de aanwezige verontreinigingen worden verwijderd.

De verwerkingsroutes zijn in de voorkeursvolgorde op basis van het Nederlandse beleid weergegeven. Met uitzondering van de afvoer per as, betekent dit dat per verwerkingsroute een toenemende mate van zuivering moet worden toegepast.

7.1 Herinjectie in de diepe ondergrond

Testwater is van oorsprong reservoirwater, oftewel formatiewater afkomstig uit de diepere ondergrond. Herinjectie van testwater wordt gezien als een duurzame oplossing die bijdraagt aan het in stand houden van de waterbalans in het reservoir en de minste bovengrondse impact heeft. Er zijn echter ook nadelen aan verbonden. De zandsteenlagen in de grond die rijk zijn aan kleimineralen zijn soms gevoelig voor verstopping door verplaatsing van kleine deeltjes. Daarnaast kunnen zwevende (olie) deeltjes en (zout) neerslagen voor verstopping zorgen. Verstopping/vervuiling van de injectieput vermindert de doorlatendheid van de grondlaag. Dit heeft weer tot gevolg dat de druk om het water te injecteren moet worden verhoogd, waardoor de elektriciteitskosten van de hiervoor benodigde injectiepomp toenemen en de rentabiliteit van de aardwarmte-installatie afneemt.

Herinjectie van testwater kan op twee manieren plaatsvinden. De eerste manier is direct via een gesloten systeem. Dit vraagt in praktijk de aanwezigheid van een tweede put. Bij de tweede manier vindt herinjectie plaats nadat het testwater tijdelijk is opgeslagen. Vaak worden ter bescherming van het systeem en tijdens de opslag hulpstoffen toegevoegd aan het testwater.

Vanuit de vigerende wet- en regelgeving wordt het testwater als afvalwater beschouwd op het moment dat de houder zich ervan wil ontdoen, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen. In dit geval wil de houder er zich door middel van herinjectie van ontdoen. Aanvullend wordt in het LAP3 gesteld dat afvalstoffen die niet ter plekke uit de bodem afkomstig zijn, niet mogen worden geïnjecteerd. Alleen het terugvoeren van afvalstoffen die vrijkomen bij winningsprocessen en ter plekke uit de diepe ondergrond afkomstig zijn, kan worden toegestaan.

Dit betekent dat het testwater afkomstig van fase 2 en 3 in principe geschikt is voor herinjectie indien er geen hulpstoffen aan toe zijn gevoegd. Op het moment dat er hulpstoffen aan zijn toegevoegd zullen deze voor herinjectie moeten worden verwijderd. Is dit niet mogelijk dat zal met het bevoegd gezag overlegd moeten worden of herinjectie van testwater met een bepaald gehalte aan hulpstoffen mogelijk en toegestaan is. Dit moet nader onderzocht worden. Indien herinjectie mogelijk is wordt geadviseerd om het LAP aan te passen, zodat de verwerkingsroutes eenduidig zijn vastgelegd.

Tot slot wordt opgemerkt dat in het geval de installatie wordt aangemerkt als een mobiele installatie en deze daarmee onder het Barmm valt het niet toegestaan is om het testwater te injecteren in het reservoir.

Hier is onduidelijkheid met betrekking tot de praktijk vanwege het ogenschijnlijke conflict tussen praktijk en wetgeving. In de praktijk voegt men namelijk oxygen scavanger toe en mogelijk inhibitor om integriteit van de put te behouden. Ook kunnen er volgens DAGO altijd resten van hulpstoffen of hulpstoffen zelf in het te herinjecteren water zitten en is er nu ook geen sprake van een vergunningplicht. De plannen voor herinjectie worden aan SodM voorgelegd zodat, na goedkeuring door SodM, herinjectie mogelijk zou zijn. Bij SodM is hierover een vraag gesteld waarop het antwoord later wordt verwacht.

7.2 Lozen op oppervlaktewater

Vanwege de vaak grote hoeveelheden testwater, wordt het oppervlaktewater vaak gezien als de geprefereerde optie voor de lozing. Voor de lozing van het testwater op het oppervlaktewater is een vergunning noodzakelijk op grond van de Waterwet. Deze lozing is niet gereguleerd met algemene regels. Dit betekent ook dat geen standaard set aan lozingseisen beschikbaar is voor dit type lozing op grond van de wetgeving. In navolgende tekst wordt een toelichting gegeven waarom geen standaard set aan lozingseisen ontwikkeld kan worden. Waar mogelijk zal voor een parameter een indicatie worden gegeven qua lozingsnorm.

Voordat de lozing naar het oppervlaktewater kan plaatsvinden zal het testwater verder gereinigd moeten worden. Voor een overzicht van mogelijke technieken wordt verwezen naar hoofdstuk 4. Vanzelfsprekend moet voldaan worden aan het toepassen van de best beschikbare technieken. Afhankelijk van de aanwezige verontreiniging, de omvang van het oppervlaktewater, de gewenste waterkwaliteit en de eventuele nabijheid van een innamepunt van oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater moet eventueel BBT+ worden toegepast.

Testwater bevat meestal een hoog gehalte aan zout. Deze verontreiniging is zeer lastig op een duurzame manier te verwijderen voordat lozing plaatsvindt. In zijn algemeen kan gesteld worden dat de lozing van zout testwater in het westen van het land (zout oppervlaktewater) een minder grote impact heeft dan in het oosten of zuiden van het land. In het westen van het land is het oppervlaktewater vaak brak of zout. In dat geval heeft het zoutgehalte van het testwater weinig of geen invloed op de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater. In het oosten of het zuiden van het land is het oppervlaktewater zoet en is vaak niet voldoende doorstroming in de oppervlaktewateren.

Een hoog zoutgehalte heeft in dat geval al snel een negatieve impact op de bestaande en gewenste waterkwaliteit. In dat geval zal al snel een beperking van het lozingsdebiet worden opgelegd. Op deze wijze wordt voorkomen dat het zoutgehalte te hoog wordt en wellicht toxisch werkt op het aquatisch milieu.

Naast het zout zijn nog andere stoffen aanwezig in het testwater. Afhankelijk van de snelheid van lozing na winning kan het testwater ook nog een warmtelast betekenen voor de lozing op het oppervlaktewater. Om de lozingsnormen te bepalen wordt gebruikt gemaakt van de immissietoets. Met behulp van dit door de overheid ontwikkelde software programma kan worden afgeleid op de gewenste lozing de waterkwaliteit beïnvloed en zo ja op welke wijze.

Mocht er nog sprake zijn van warmte in het te lozen testwater dan kan met een eenvoudige berekening de hoeveelheid warmte worden bepaald. Op deze wijze kan hiervoor een norm worden aangevraagd en kan de impact van de warmte op het oppervlaktewater worden bepaald.

De gewenste kwaliteit van het oppervlaktewater wordt in Nederland bepaald door de nadere uitwerking van de Kaderrichtlijn water in de stroomgebiedsbeheersplannen (Rijkswaterstaat) of beheersplannen (waterschappen/hoogheemraadschappen). Met deze plannen moet door de waterkwaliteitsbeheerder rekening worden gehouden bij het vaststellen van de lozingsnorm. Meer nadrukkelijk in het geval de lozing een mogelijk negatieve impact heeft op de waterkwaliteit en in het bijzonder in de nabijheid van een innamepunt voor de productie van drinkwater.

Van enkele parameters kan ter indicatie een lozingsnorm worden aangegeven. Dit betreft:

- pH, tussen 6 en 9;
- gehalte aan onopgeloste bestanddelen, maximaal 30 mg/l;
- ijzer gehalte, in kleine ontvangende oppervlaktewateren maximaal 3 mg/l, voor de grotere ontvangende oppervlaktewateren maximaal 5 mg/l;
- geen visuele verkleuring/verontreiniging als gevolg van de lozing;
- voldoende hoog zuurstofgehalte.

De overige parameters zullen moeten worden vastgesteld onder andere aan de hand van de immissietoets. Opgemerkt wordt dat ten tijde van het schrijven van deze rapportage (begin 2020) een nieuwe versie wordt ontwikkeld. Naar verwachting treedt deze 2021 in werking.

7.3 Lozing op de riolering

In deze paragraaf wordt bij het begrip lozing op de riolering uitgegaan van een lozing op de gemeentelijke riolering waarna verwerking van het testwater plaatsvindt in de RWZI van het waterschap.

Bij de lozing op de riolering moet in eerste instantie rekening gehouden worden met de beschikbare capaciteit op het riool en met de aard en kwaliteit van het testwater in verband met eventuele beschadiging van het riool of van de onderdelen van de gemalen. Daarnaast moet rekening gehouden worden met het effect van de kwaliteit van het testwater op het biologisch zuiveringsproces in de RWZI zelf.

De beschikbare capaciteit in de riolering wordt bepaald door de capaciteit van de rioleringsbuis zelf, maar ook de capaciteit van de pompen van de gemalen die het afvalwater verpompen. Mocht er een eventuele overcapaciteit zijn dan kan deze nooit volledig ter beschikking worden gesteld voor het lozen van het testwater.

De overcapaciteit is bedoeld om in geval van neerslag het hemelwater af te kunnen voeren zodat er niet op ongewenste plekken water blijft staan. Dit betekent dat over dit aspect altijd afstemming zal moeten plaatsvinden met de gemeente of indien deze taken heeft gedelegeerd met de regionale omgevingsdienst of uitvoeringsdienst. Enkele stukken riolering zijn in het beheer van het waterschap. Is dat het geval dan zal overleg gevoerd moeten worden met het waterschap. Ook kan worden gekozen voor een technische oplossing zoals het beperken van de lozing bij neerslag.

Naast de kwantiteit speelt ook de kwaliteit van de lozing een rol. Per casus zal getoetst moeten worden of de kwaliteit van het testwater geen schade zal toebrengen aan de riolering. Vervolgens zal afgestemd moeten worden met het waterschap of de kwaliteit van het testwater een negatieve impact kan hebben op het biologisch zuiveringsproces in de RWZI. In de meeste gevallen zal alleen al op basis van het zoutgehalte een restrictie worden opgelegd qua debiet om ervoor te zorgen dat het zoutgehalte niet toxisch is voor het biologisch proces. Dit aspect zal nog verder uitgezocht moeten worden omdat dit ook afhankelijk is van de omvang van de RWZI en de eventuele andere waterstromen.

Maar ook eventuele andere componenten zoals de metalen kunnen toxisch zijn. Daarnaast hechten deze zich voor een deel aan het actief slib, waardoor de kans bestaat dat dit moeilijker afzetbaar zal zijn of voor minder doelen gebruikt kan worden. Opgemerkt wordt dat een aantal verontreinigingen geen schade zullen toebrengen aan het materiaal van de riolering en ook niet in de RWZI. Dit zijn meestal de stoffen die niet verwijderd worden met en geen verstoring opleveren voor het biologisch zuiveringsproces. Deze komen als gevolg daarvan wel terecht in het oppervlaktewater en kunnen daar eventueel een negatieve impact hebben. Ook dit kan aanleiding geven voor de waterkwaliteitsbeheerder om restricties op te leggen.

Het testwater is warm en indien de verblijftijd in het tijdelijk bassin niet lang genoeg is kan ook deze een beperkende factor vormen voor de lozing op riolering. Niet alleen vanwege mogelijke schade, maar ook vanwege nevelvorming. Dit laatste is niet gewenst. In de praktijk neemt het testwater in het bassin binnen enkele dagen de omgevingstemperatuur aan. Nevelvorming zal derhalve hooguit een tijdelijk fenomeen zijn evenals een eventueel te hoge temperatuur voor lozing.

In het testwater afkomstig van fase 2 zijn onopgeloste bestanddelen aanwezig. Deze dienen verwijderd te worden voor de lozing vanwege gevaar op verstopping.

Zoals beschreven in hoofdstuk 4 zijn er diverse technieken voor de behandeling van testwater. Eén of een combinatie van deze technieken zal moeten worden toegepast voordat lozing op de riolering plaatsvindt. Gezien vanuit het vigerende beleid en vanuit de wetgeving is behandeling op locatie van het testwater noodzakelijk. Dit wordt aangemerkt als BBT.

In bepaalde delen van Nederland dient daarnaast rekening te worden gehouden dat het waterschap de lozing van het afvalwater via de gemeentelijke riolering niet accepteert. De ervaring leert dat bijvoorbeeld Waternet alleen lozing van huishoudelijk afvalwater toestaat op de riolering. Tevens zijn de waterschappen actief bezig om een zogenoemde waterfabriek te maken van de RWZI. Op het moment dat dit plaats vindt of reeds is gerealiseerd zal een lozing van testwater niet meer worden toegestaan.

Zoals uit bovenstaande blijkt zijn er geen algemene lozingsnormen beschikbaar voor de lozing op de riolering en daarmee op de RWZI. Vanuit het verleden is voor de parameter sulfaat een lozingsnorm bekend, deze bedraagt 300 mg/l. Voor de overige parameters zal deze in overleg met het bevoegd gezag moeten worden vastgesteld. Hierbij is ook de eventuele lining van de riolering van belang.

Voor de mogelijkheden van verwerking van testwater op een RWZI wordt ook verwezen naar het deelonderzoek zoals opgenomen in bijlage 3.

7.4 Afvoer per as/Externe verwerking

Nadat alle andere opties zijn uitgeput is afvoer per as en externe verwerking van het testwater de resterende optie. Het testwater wordt dan afgevoerd naar een bevoegd/erkend verwerker. Deze wijze van afvoer is niet alleen vanuit het beleid de minst aantrekkelijke optie, maar ook als een integrale milieuafweging wordt gemaakt. Gelet op het volume vrijkomende testwater is een groot aantal transportbewegingen nodig om het afvalwater per as af te kunnen voeren naar een verwerker. Dit betekent naast meer brandstofverbruik, ook een grotere emissie en meer overlast als gevolg van de vervoersbewegingen.

Voordat het afvalwater per as wordt afgevoerd moet de kwaliteit van het testwater bekend zijn. Mogelijkerwijs zal het afvalwater nog op locatie moeten worden behandeld voordat het afgevoerd kan worden per as. Voorafgaand aan de daadwerkelijke afvoer moet ook afgestemd zijn met de verwerker of de kwaliteit van het testwater past binnen de acceptatie criteria zoals vastgelegd in het zogenoemde AV AOIC beleid. In het testwater komen ook zogenoemde ZZS stoffen voor. Alhoewel deze onlosmakelijk zijn verbonden aan het proces, moet hier wel speciale aandacht aan worden gegeven tijdens de afvoer naar, en acceptatie door de verwerker. Naast de overige verontreinigingen is een ander belangrijk aandachtspunt voor de verwerking het zoutgehalte in het testwater. Dit zal het aantal partijen beperken dat dit type afvalwater kan verwerken.

In het geval de installatie is aangemerkt als een mobiele installatie valt deze onder het Barmm en valt de afvoer per as onder algemene regels. Valt de installatie onder de Mijnbouwwet dan worden in de omgevingsvergunning onderdeel milieu voorschriften opgenomen voor de afvoer naar een erkende verwerker.

De AV AOIC documenten verschillen per verwerker. De basis van deze documenten wordt gevormd door de mogelijkheden om het afvalwater te zuiveren. Daarnaast spelen de voor hun vigerende lozingsnormen een rol. Dit betekent niet zozeer dat er een uitgebreidere afvalwaterzuivering hoeft te staan bij een verwerker. Wel moet deze geschikt zijn voor het verwijderen van de aangetroffen verontreinigingen en het zoutgehalte in testwater voordat het geloosd wordt naar het oppervlaktewater. Wel kan in het algemeen gesteld worden, dat in het geval een verwerker uiteindelijk loost op zout of brak oppervlaktewater deze een hoger zoutgehalte in het testwater kan accepteren. Dit zijn met name de verwerkers gelegen in het westen en noorden van het land. De meer land inwaarts gelegen verwerkers en de verwerkers in het oosten van het land lozen uiteindelijk op zoet oppervlaktewater. Hierdoor kunnen zij mogelijk alleen testwater accepteren met een lager zoutgehalte. Een andere oplossing is dat deze verwerkers middels technologie het zout in meer of mindere mate verwijderen alvorens lozing plaats vindt naar het oppervlaktewater danwel met een laag tempo verwerken.

Gelet op bovenstaande is het niet mogelijk om een standaard set aan normen te formuleren waaraan het testwater moet voldoen voordat het afgevoerd kan worden naar een externe verwerker. Wel zal in een beslisboom zal een aantal aspecten concreter worden gemaakt.

Omdat het testwater een hoog zout gehalte bevat wordt geadviseerd om te onderzoeken of het mogelijk is om op een aantal punten gelegen aan zout oppervlaktewater, een centrale afvalwaterzuivering op te richten voor het behandelen van testwater. Ook wordt geadviseerd om te onderzoeken in hoeverre het zinvol is om als sector een gezamenlijke mobiele zuiveringsinstallatie te hebben danwel met aannemers hier afspraken over te maken.

8 Voorstel verwerken van testwater

In dit hoofdstuk wordt een voorstel gedaan voor de te volgen werkwijze. Tevens wordt een overzicht gegeven van de aanbevelingen. Tot slot is een tweetal beslisbomen in dit hoofdstuk opgenomen.

8.1 Voorstel werkwijzen

In deze paragraaf wordt een voorstel voor werkwijze geformuleerd. Naast onderstaande tekst kan ook de beslisboom worden gehanteerd.

In onderstaande opsomming is de werkwijze voor verwerking van testwater weergegeven.

- 1 Indien in dezelfde omgeving reeds een doublet is aangelegd, betrek de kwaliteits- en kwantiteitsgegevens van het testwater bij dit project.
- 2 Indien de kwaliteit onvoldoende of niet bekend is, schat de kwaliteit van het testwater in. Maak hierbij ook gebruik van de kwaliteit zoals weergegeven van tabel 3.1
- 3 Bepaal op basis van de kwaliteit en kwantiteit van het testwater, de geografische gegevens en het beslisschema, de lozingsoptie(s) tijdens de voorbereidingsfase;
- 4 Voer een initieel overleg met het bevoegd gezag;
- 5 Verwerk de input/consequenties van de bevindingen van stap 3 en 4 in het ontwerp van de boorlocatie en put.
- 6 Leg de boorput aan en realiseer afdoende opvangcapaciteit voor het testwater en de benodigde zuiveringstechnieken.
- 7 Bepaal de kwaliteit en kwantiteit van het testwater
- 8 Controleer of dit volgens de voorschriften zoals opgenomen in de vergunning mag worden geloosd.
- 9 Indien dit niet past binnen de vergunning doorloop dan het beslisschema opnieuw (andere/aanvullende zuiveringstechniek of een wijziging van de vergunning)
- 10 Monitor de lozing/afvoer van het testwater

8.2 Voorstel/Aanbevelingen

Zoals blijkt uit deze rapportage is er nog een aantal aspecten waarbij het wordt aanbevolen om deze nader te onderzoeken/uit te werken. Onderstaand is een overzicht gegeven van deze aspecten en is een korte toelichting gegeven.

- Voer een nader onderzoek uit naar de (on)mogelijkheden van herinjectie en ontwikkel een afwegingskader voor herinjectie.
Vanuit milieuoogpunt en op basis van het nationale beleid verdient herinjectie de voorkeur. Door de (on)mogelijkheden (risico's) te beschrijven en een afwegingskader te ontwikkelen wordt het zowel voor de operator als voor het bevoegd gezag duidelijker wanneer herinjectie een goede optie is.

- Voer een ABM-toets uit voor meest voorkomende hulpstoffen
Naar verwachting worden dezelfde hulpstoffen (weliswaar met andere merknamen) gebruikt bij het ontwikkelen van de putten. Restanten van de hulpstoffen komen voor in het testwater. Door een ABM toets uit te voeren en samen te vatten in een document kan tijd gewonnen worden tijdens de vergunningaanvraag voor zover gebruikt gemaakt wordt van de hulpstoffen die reeds zijn getoetst. Het geeft ook inzicht in de waterbezwaarlijkheid van de stoffen, waardoor overwogen kan worden om op zoek te gaan naar minder waterbezwaarlijke alternatieven.
- Ontwikkeling van een algemeen VG plan en RI&E.
Het ontwikkelen van een algemeen VG plan zorgt ervoor dat de algemene aspecten overgenomen kunnen worden en er vanuit dit plan specifiek gekeken kan worden naar de specifiek voor de locatie van toepassing zijnde aspecten. Hetzelfde geldt voor de RI&E. Op deze wijzen kunnen de lessen learned ook een plek krijgen en meegenomen worden naar de volgende locatie.
- Ontwikkeling van een veiligheidscultuur.
Het betreft een relatief jonge sector waarbij de ervaring vaak lokaal gebonden is. En het inschatten van onveilige situaties is vaak gebaseerd op eerdere ervaringen. Die zijn er niet of niet zoveel. Door gebruik te maken van de lessons learned vanuit de olie en gas sector, maar ook door ze te bundelen, kan hiervan gebruikt gemaakt worden bij de ontwikkeling van de volgende locatie. Belangrijk is ook operators op te leiden en weer opnieuw in te zetten op de volgende locatie.
- Overweeg de ontwikkeling van meerdere afvalwaterzuiveringen gericht op verwerking van testwater gelegen aan brak/zout oppervlaktewater.
Testwater is zout van karakter, maar vanwege de andere verontreinigingen is behandeling in een waterzuiveringinstallatie vaak noodzakelijk. Echter zout kan remmend werken of zelfs toxisch zijn voor een biologische reiniging wanneer het aandeel zout, ten opzichte van de normale aanvoer, relatief groot is. Dit is alles is minder van belang zodra geloosd kan worden op een zoute afvalwaterzuiveringinstallatie. Deze is reeds geadapteerd aan het zout en is daardoor ook beter in staat om deze stroom te verwerken.
- Ontwikkel een mobiele afvalwaterzuivering.
- Testwater verschilt per locatie qua kwaliteit, maar in grote lijnen moet dezelfde verontreiniging worden verwijderd voor een van de 4 lozingsopties. Door een mobiele afvalwaterzuiveringsinstallatie te ontwikkelen, kan deze op diverse locaties worden ingezet en is er ook een uitspraak mogelijk over het verwijderingsrendement.
- Onderzoek of portfolio benadering een betere indicatie geeft bij boringen/winningen in hetzelfde gebied voor wat betreft de kwaliteit van het testwater.
De ervaring leert dat op dit moment de kwaliteit van het testwater vaak niet bekend is. Hierdoor moet het opgeslagen worden totdat de kwaliteit bekend is en de afvoer route geselecteerd kan worden. Mogelijk kan een portfolio een betere indicatie geven van de te verwachten kwaliteit van het testwater. Creëer bewustzijn dat naast het slagen van de boring en de winning, de aspecten milieu en veiligheid ook belangrijk zijn. Ook voor dit aspect kan gebruik gemaakt worden van de lessons learned uit de olie en gas industrie.
- Onderzoek de eventuele ophoping van radioactiviteit in installatieonderdelen zoals warmtewisselaars, maar ook het testwater zelf. Stel waar nodig overkoepelende instructies op.
- Betrek een onafhankelijke adviseur vanaf het begin van de ontwikkeling van een put.
Door een onafhankelijke ter zake kundig adviseur vanaf het prille begin te betrekken in het proces kan deze reflecteren op de gemaakte keuzes en alternatieve voorstellen en een intermediaire rol spelen richting de verschillende stakeholders. Op deze manier kan technische kennis en kennis van wet- en regelgeving worden gecombineerd van waaruit verbeteringen worden ontwikkeld die inbedding in wet- en regelgeving kan worden versoepeld.

8.3 Beslisboom

In de beslisbomen zijn 4 opties voor testwater afvoerroute nader uitgewerkt. De eerste kan gebruikt worden in de fases voorafgaand aan het realiseren van de put. Door het beslisschema vervroegd te doorlopen kan eventueel gekozen worden voor bijvoorbeeld andere hulpstoffen of, als dat niet mogelijk is, voor een andere lozingsroute. Op deze wijze kan er voor gezorgd worden dat de juiste vergunningen verleend zijn op het moment dat de put ontwikkeld wordt en het testwater afgevoerd moet worden.

Het tweede beslisschema kan gebruikt worden nadat de put ontwikkeld is en bijvoorbeeld blijkt dat de hoeveelheid vrijkomend testwater groter is dan van te voren berekend of in het geval de kwaliteit afwijkt van de verwachting.

Onderstaand een korte toelichting behorende bij de beslisboom.

Radioactiviteit

Bevindt zich substantiële radioactiviteit in de zwevende stof, dan dient het zwevende stof te worden gefiltreerd op de testlocatie. De operator van de locatie is dan belast met de verwijdering van het radioactieve afval.

Lozing riolering

Het is voorstelbaar dat er –vanwege de corrosiviteit van zeer zout water– beperkingen zijn aan het transport door bijvoorbeeld betonnen leidingen en pomponderdelen. Als door dergelijke beperkingen het debiet naar het ontvangende riool toe gering wordt, is buffering zowel op de testlocatie als op de rwzi nodig. In dat geval verdient transport per as naar de behandlingslocatie waarschijnlijk de voorkeur.

ABM toets

De ABM toets moet worden uitgevoerd voor de (hulp)stoffen die met het water in contact kunnen komen. En is van toepassing op zowel de lozingsroute via de riolering als naar het oppervlaktewater. In het algemeen moet de lozing van stoffen met een classificatie Z of A zo veel als mogelijk voorkomen worden. Dit kan tot een knelpunt leiden in de vergunningaanvraag. Er zal dan gekozen moeten worden voor ofwel een andere lozingsroute of voor hulpstoffen met een andere classificatie.

Immissietoets

De immissietoets is van toepassing op een lozing naar het oppervlaktewater. Met deze toets wordt de impact van de lozing op het milieu bepaald. Als op basis van deze toets blijkt dat de waterkwaliteit als gevolg van de lozing verslechterd, dan moeten maatregelen worden getroffen.

9 Literatuurlijst

Bij het opstellen van dit rapport zijn de volgende bronnen gebruikt:

- DAGO is Q1 2019 actief in de ontwikkeling van de leidraad voor de aanvraag van een Omgevingsvergunning.
- Stappenplan, Winning aardwarmte voor Glastuinbouw, R. Bosch, van der et. All. Kas als Energiebron. December 2013;
- Handboek Geothermie 2014, Handboek geothermisch operator, Kas als Energiebron. november 2014;
- Verwerking van testwater bij Geothermie-projecten, G. Bakema et. all. IF technology B.V. August 2016 (voortaan: het IF document)
- Gegevens en opgedane ervaringen van geothermie operator geleverd door Dutch Association of Geothermal Operators (DAGO).
- LAP3 Beleidskader; het Landelijk Afval Plan versie 3 (LAP3) 2017 – 2023. Rijkswaterstaat, het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Risico's van Geothermie voor Grondwater, Dr. N. Hartog, KWR Watercycle Research Institute. November 2016.
- Risico's van Geothermie voor Grondwater (KWR, November 2016)
- Inventarisatie van technologieën en ontwikkelingen voor het verminderen van (rest)risico's bij schaliegaswinning, Ministerie van Economische Zaken, Juni 2015)
- Nederlandse Richtlijn Bodembescherming (NRB 2012, Nederlandse Bodemrichtlijn Bodem+, Agentschap NL, Ministerie van Infrastructuur en Milieu)

A1 Bijlage Geothermie, vergunningen per fase

1. Voorbereiding/ ontwikkeling

De operator zal voor het opsporen van water reservoirs een opsporingsvergunning moeten aanvragen. Verder dient het geologische plan voor het eind van het tweede jaar na het in werking treden van de opsporingsvergunning ter evaluatie te worden ingediend bij EZ / SodM. De gedeputeerde staten van de provincie is hierbij aangewezen als adviseur. Het is aanbevolen de geologische resultaten minimaal een halfjaar van te voren te bespreken.

Conform de bijlage van het besluit mer geldt voor diepboringen dan wel een uitbreiding of wijziging daarvan een mer-beoordelingsplicht. Boorgaten voor het opsporen en winnen van delfstoffen of aardwarmte of de opslag van stoffen zijn mijnbouwwerken. Het aanleggen van een boorgat in de zin van de Mijnbouwwet- en regelgeving is daarmee mer-beoordelingsplichtig.

Het aanleggen van een boorgat is nodig voor het opsporen en winnen van delfstoffen en aardwarmte, het opslaan van stoffen in een ondergrondse opslag en het winnen van water of andere natuurlijke hulpbronnen. Dit gebeurt met een mobiele installatie. Voor de bouw van de installatie is een Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) bouw en aanleg vergunning nodig. Hier kan een operator zich voorbereiden door het huidige bestemmingsplan te lezen zodat wijzigingen vroegtijdig aangevraagd kunnen worden.

2. Ontwerp en Constructie

In de ontwerpfase wordt een start gemaakt met de voorbereiding voor de aanvraag van de omgevingsvergunning (Wabo) en de verplichte *Well examination verificatie schema*. Bij het realiseren van deze fase vereist het VG zorgsysteem het VG document mijnbouwwerk, het bewijs werkzaam VG zorgsysteem en de evaluatie VG zorgsysteem.

Er wordt door de operator een zelf-evaluatie over het winningsproces uitgevoerd waarna de Wabo omgevingsvergunning wordt aangevraagd. Ook dient de operator een 'Independent well examination' uit te laten voeren. Een boor werkprogramma (een per boring) en de BARMM documentatie moet worden ingediend bij EZ / SodM. Indien er niet aan de regels van de BARMM voldaan kan worden dient er een Wabo milieuvergunning te worden aangevraagd.

Met betrekking tot het VG zorgsysteem wordt binnen de fase constructie om de VG documenten 'voorontwerp rapport' en 'boren van een boorgat' gevraagd.

3. Boren en testen

Het boren en testen van putten dient te gebeuren voor het eind van het derde jaar van de opsporingsvergunning. Na het indienen en goedkeuren van een test werkprogramma kan er worden getest. In principe zijn er twee soorten testen om de kwaliteit van de put vast te stellen: de productie test en de injectietest.

De beoordeling van de Wabo omgevingsvergunning aanvraag en eventuele aanpassingen in de aanvraag vallen ook onder deze fase. Aan het eind van deze fase wordt de winningsvergunning aanvraag gestart. Hierbij wordt het winningsplan en het meetplan bij EZ / SodM ingediend.

De VG zorgsysteem documenten 'uitvoeren werkzaamheden aan een boorgat' en 'ontwerp, opstarten en gebruik' moeten binnen deze fase door de operator worden geleverd.

4. Installatie bouw

De aanvraag winningsvergunning, het meetplan en het winningsplan door EZ/SodM wordt beoordeeld. Indien nodig worden in deze fase milieu neutrale wijzigingen (Wabo) uitgevoerd. Acht weken vóór de ingebruikname van de installatie dient de operator de VG zorgsysteem documenten 'Voorontwerprapport' en 'Gedetailleerde ontwerp, opstarten en gebruik' te leveren. Verder dient een evaluatie van alle beheersystemen die bijdragen aan de vermindering van risico's vier weken voor het uitvoeren van bijzondere werkzaamheden ingeleverd zijn. De evaluatie bevat (ook) het verslag van de uitgevoerde audit op het zorgsysteem door een onafhankelijke auditor (zie onafhankelijke audit VG zorgsysteem).

5. Exploiteren

Met de winningsvergunning en de Wabo omgevingsvergunning heeft de operator de bevoegdheid om de geothermie installatie in bedrijf te nemen. Gedurende de productie dient er conform het ingediende meetplan te worden gemeten en dient de operator de installatie te beheren en onderhouden. De operator dient het VG zorgsysteem document 'werkzaamheden aan mijnbouwwerk of boorgat' te leveren.

Als er wordt besloten de installatie uit bedrijf te nemen, als bijvoorbeeld de productiviteit van de installatie afneemt, wordt de Wabo omgevingsvergunning ingetrokken.

6. Sluiten

Na het sluiten van de installatie dient de operator een sluitingsplan voor te leggen bij RX/SodM voor een Wabo sloopmelding. Als deze wordt goed gekeurd kan de installatie worden verwijderd. In deze fase wordt in het VG zorgsysteem om het document 'verlaten en verwijderen' gevraagd.

A2 Bijlage Voorstel voor elementen voor in een industrie standaard: Praktische beschrijving opslag

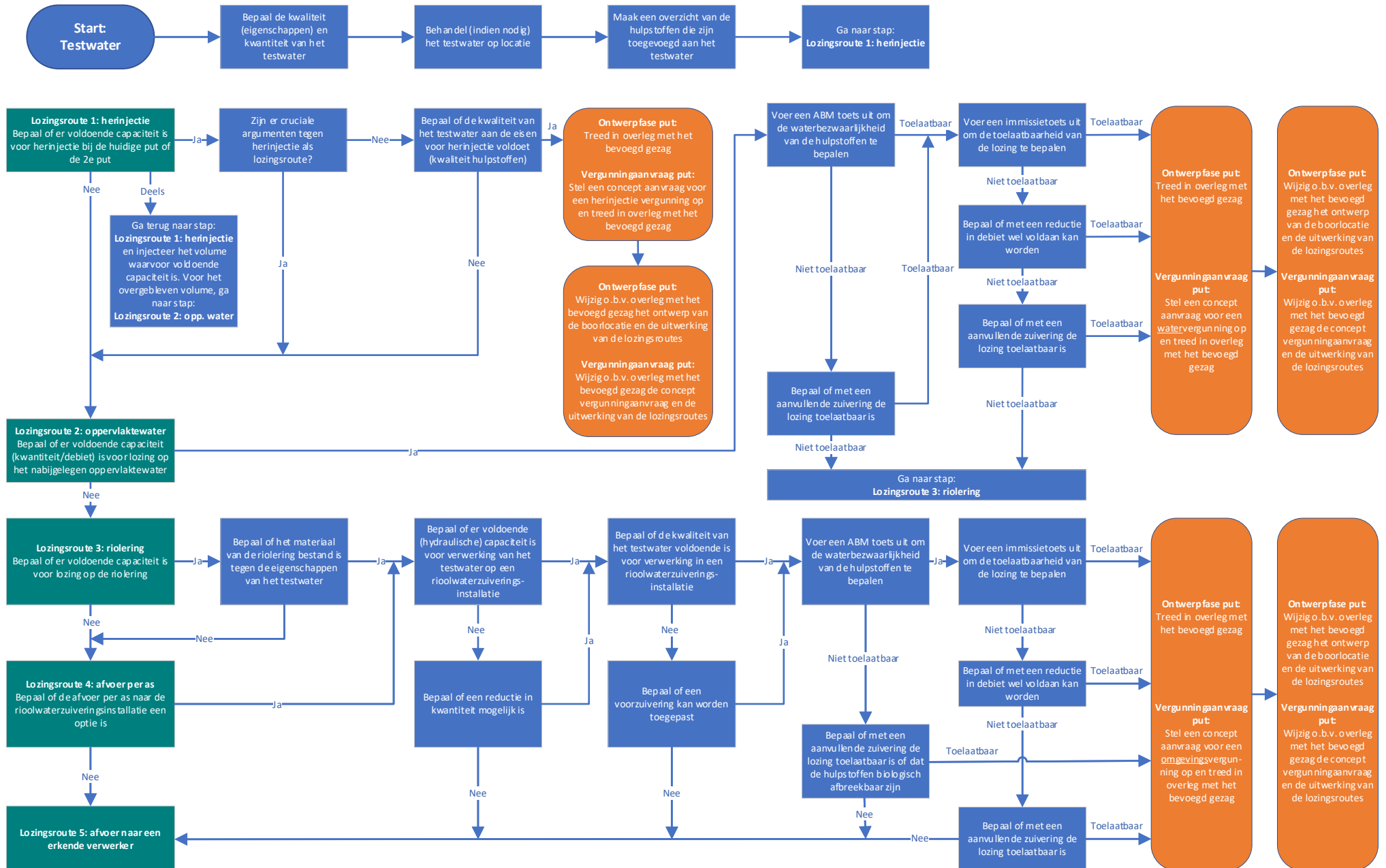
Voorstel elementen Industrie standaard	
Maatregelen (software)	
Algemeen	Aanwezig
Er zijn eenduidige werkvoorschriften voor zowel reguliere als ook afwijkende situaties.	-
Er zijn procedures voor het verwerken en/of opslaan van testwater, spills, brand, lekkage en verstopping van procesleidingen, putten en/of boorsystemen. Deze procedures dienen met de waterkwaliteitsbeheerder, het Wabo bevoegd gezag en eventuele andere betrokkenen (bijvoorbeeld: tuiniers, omwonende, de brandweer) afgestemd te zijn.	-
Wijzigingen aan de installatie of onderdelen daarvan, vinden plaats aan de hand van eenduidige procedures. In deze procedures is beschreven hoe de veiligheid voor mens en omgeving wordt gegarandeerd en hoe de werknemers ingelicht worden.	-
Na het optreden van een calamiteit moet worden nagegaan hoe de calamiteit heeft kunnen plaatsvinden en moeten maatregelen worden genomen om herhaling te voorkomen. Zowel de bevindingen als ook de maatregelen dienen aan de waterkwaliteitsbeheerder, het Wabo bevoegd gezag en eventuele andere gerapporteerd te worden.	-
Voorzieningen (hardware)	
Toepassing en opslag chemicaliën	Aanwezig
De opslag van chemicaliën om het boor en test proces te bevorderen (emulgatoren, olies, zout, etc.) gebeurt adequaat en conform de Arbo wetgeving.	-
De vloer van een opslagruimte moet vervaardigd zijn van onbrandbaar en vloeistofdicht materiaal.	-
De toepassing van chemicaliën om het boor en test proces te bevorderen (emulgatoren, olies, zout, etc.) gebeurt adequaat zodat calamiteiten en mogelijke spills zoveel mogelijk worden voorkomen.	-
Er is per installatie, of een deel daarvan, een vloeistofdichte containment met afloop naar een verzamelsysteem. De opgevangen vloeistoffen dienen vervolgens een adequate behandeling te ondergaan.	-
Er wordt een logboek bijgehouden waarin de additie van chemicaliën wordt bijgehouden.	-
In geval van een buitenopslag is de opslagruimte zodanig afgezet dat de opslag eventuele aanrijdingen kan weerstaan zonder dat er lekkages optreden (aanrijdingproof).	-
Algemeen transport	Aanwezig
De bodem beschermende voorziening is zodanig uitgelegd dat lekkages bij het transport van testwater in leiding, pompen of ander ingezet materiaal worden opgevangen.	-
Leidingen	Aanwezig
Op regelmatige basis worden transport leiding van testwater visueel op lektheid geïnspecteerd.	-
Op regelmatige afstanden zijn in de leidingen afsluiters geplaatst.	-
Lekkages van de transportleidingen wordt opgevangen.	-

Opslag in Bassins	Aanwezig
Er is een bodemrisicoanalyse uitgevoerd. Hierbij zijn zowel nulmetingen als eindmetingen uitgevoerd.	-
Voor de bodemrisicoanalyse is aan iedere zijde van het bassin een peilbuis aangelegd.	-
Indien mogelijk is het bassin voorzien van een dubbele folie laag om de kans op lekkages naar de bodem te verkleinen.	-
Per folie laag is een pomp aangesloten om te voorkomen dat het folie gaat drijven (op bijvoorbeeld opkomend grondwater).	-
Per folie laag zijn ontluchtingspijpen in de folie aangebracht om ophoping van gas tussen de folielagen te voorkomen.	-
Voorzieningen in en rondom de bassins waarschuwen over de potentiële gevaren van testwater en voorkomen de toegang van onbevoegden tot het bassin waarin het testwater is opgeslagen.	-
De bassins worden, indien mogelijk eens per shift, visueel op lektheid geïnspecteerd.	-
Het bassin bevat voorzieningen om de kans op overslag te beperken (bijvoorbeeld: compartimenten, voldoende opvang capaciteit, opvanggoot, etc).	-
Het bassin is overkapt met bijvoorbeeld drijffolie om te voorkomen dat niet verontreinigd hemelwater verontreinigd raakt en moet worden verwerkt. Hierbij wordt het hemelwater weggepompt. Het overkappen van de testwaterbassins bevordert potentieel de injectie van testwater doordat het water in mindere maten met zuurstof reageert.	-

A3 **Bijlage Beslisboom voor bepalen lozingsroutes testwater**

Beslisboom voor bepalen lozingsroutes testwater

Deze beslisboom kan doorlopen worden tijdens twee verschillende fasen: het ontwerp van de put en de vergunningaanvraag van de put. Enkel de stappen in de oranje aangegeven blokjes zijn afhankelijk van de fase waarin het schema wordt doorlopen.



A4 Bijlage Rapport; Lozing geothermie testwater op rwzi's

Case study

RAPPORT

Lozing geothermie testwater op rwzi's

Case studie

Klant: Ministerie van LNV

Referentie: BF6178WATRP2003131036

Status: Definitief/P01.01

Datum: 13 maart 2020

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Lozing geothermie testwater op rwzi's

Ondertitel: Geothermie testwater op rwzi's
Referentie: BF6178WATRP2003131036
Status: P01.01/Definitief
Datum: 13 maart 2020
Projectnaam: Ministerie LNV vervolg onderzoek testwater
Projectnummer: BF6178
Auteur(s): Wim Wiegant ; Natasja Fraters

Opgesteld door: Wim Wiegant

Gecontroleerd door: Cathelijne Dreissen

Datum/paraaf:

Goedgekeurd door: Jan Appelman

Datum/paraaf:

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

Niets uit deze specificaties/drukwerk mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HaskoningDHV Nederland B.V.; noch mogen zij zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor andere doeleinden dan waarvoor zij zijn vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor deze specificaties/drukwerk ten opzichte van anderen dan de personen door wie zij in opdracht is gegeven en zoals deze zijn vastgesteld in het kader van deze Opdracht. Het geïntegreerde QHSE-managementsysteem van HaskoningDHV Nederland B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 en ISO 45001:2018.

Inhoud

1	Introductie	1
2	Achtergrond	2
2.1	Geothermie en testwater	2
2.2	Lozen en verwerken van testwater	3
3	Lozen via een rwzi	5
3.1	Achtergrond	5
3.2	Transport naar de rwzi	5
3.3	Doelmatigheid van de rwzi	5
3.4	Het effect van lozingen van testwater op een rwzi	6
3.4.1	Zout	6
3.4.2	Andere componenten	10
3.4.3	Radioactiviteit	10
3.5	Voorlopig protocol	12
4	Praktijkcases	15
4.1	Methodiek	15
4.2	Selectie cases	15
4.3	Resultaat	15
4.3.1	Rwzi A	15
4.3.2	Rwzi B	17
4.3.3	Rwzi C	18
4.4	Algemene lessen	19
5	Beslisboom	20
5.1	Elementen	20
5.2	Beslisboom	20
6	Conclusies	22

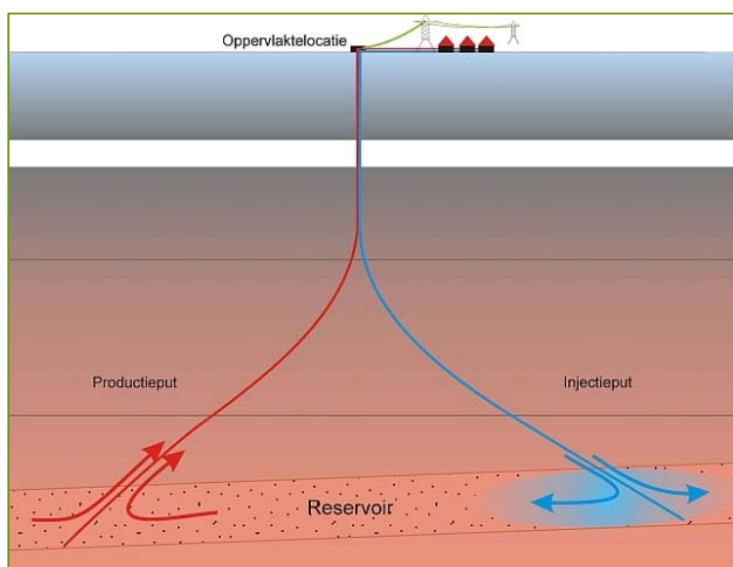
1 **Introductie**

In het verlengde van het lopende onderzoek naar de verwerking van testwater (Kennisagenda Aardwarmte, gefinancierd vanuit Kas als Energiebron, Royal HaskoningDHV projectnr. BF6178) is één van de beschouwde verwerkingsroutes, naast herinjectie en lozen op oppervlaktewater, het lozen op een rwzi. Dit wordt bij voorkeur gezien als een back-up-voorziening voor het geval herinjectie niet mogelijk is. De aanzienlijke hoeveelheid (3.000 – 5.000 m³) zeer zout water (zoutgehalte circa 3 x hoger dan zeewater, circa 100 g/l) kan niet zonder meer worden geloosd. In deze studie worden vragen rondom de lozing van zout testwater via een rwzi beantwoord, hierdoor is meer inzicht gecreëerd in de (on)mogelijkheden van de lozing van testwater op rwzi's.

2 Achtergrond

2.1 Geothermie en testwater

Geothermie is het winnen van aardwarmte en kan een belangrijke bron van groene energie zijn. Bij deze energietechnologie wordt met behulp van diepboring het van nature aanwezig water uit de ondergrond opgepompt. De warmte wordt eruit gehaald en vervolgens wordt het afgekoelde water teruggevoerd via het tweede boorgat in dezelfde watervoerende laag op enkele kilometers afstand van de inlaat. Dit geothermisch systeem wordt een doublet genoemd en is weergegeven in Figuur 1. Geothermie kan als duurzaam alternatief voor aardgas ingezet worden voor het verwarmen van onder andere tuinbouwkassen, industrie en woningen.



Figuur 1: Geothermisch doublet(1)

Een geothermiedoublet is bovengronds een gesloten systeem. Dat wil zeggen dat het water uit het reservoir niet in aanraking komt met het bovengrondse milieu. De warmte wordt na productie direct uit het water gewonnen door middel van een warmtewisselaar, waarna het water terug in de ondergrond wordt geïnjecteerd. Bij de realisatie van een geothermieproject komt eenmalig een hoeveelheid reservoirwater vrij dat niet (direct) terug de ondergrond geïnjecteerd kan worden. Dit water komt vrij bij het schoonspelen en het productie-testen van (een van) de putten en wordt “testwater” genoemd.

In de rapportage “Onderzoek naar de verwerking van testwater afkomstig van geothermie” van 23 mei 2019 is de samenstelling en verwerkingsroutes van dit testwater nader onderzocht.

Bij de productietest komt in algemeen het grootste volume aan water vrij. De test is nodig om aan te kunnen tonen aan subsidieverstrekkers en financiers dat het project kan worden doorgezet. Gebaseerd op gegevens van operators heeft het geheel aan testwater een volume tussen 3.000 m³ en 5.000 m³. Het piekdebiet kan meer dan 200 m³/uur bedragen.

De kwaliteit van testwater is zodanig dat het niet zonder op oppervlaktewater kan worden geloosd. Testwater bevat onder andere grote hoeveelheden zout (in de vorm van NaCl), vaste delen (zand, klei en kalk), metalen, sulfaat, methaan en andere opgeloste of gasvormige koolwaterstoffen en eventueel toegevoegde chemicaliën. Tabel 1 geeft een samenvatting van gemiddelde concentraties in het testwater van zes doubletten.

Tabel 1. Kwaliteit testwater ¹

Parameter	Concentratie	Eenheid
pH	5,8 - 7,7	-
Geleidbaarheid (25°C)	140.000	uS/cm
CZV*	7.570	mg/l
Chloride	65	g/l
TOC*	120	mg/l
Naftaleen	<0,2 - 8,7	µg/l
Som PAK (EPA)	0,23 - 8,8	µg/l
BTEX (Benzeen)	<0,2 - 160	µg/l
VOX	<5,0	µg/l
Minerale olie	<50 – 1.250	µg/l
Cadmium (Cd)	0,2 - 0,92	µg/l
Kwik (Hg)	<0,05 - 0,2	µg/l
Koper (Cu)	<2 - 87	µg/l
Nikkel (Ni)	5,2 - 110	µg/l
Lood (Pb)	<2 - 18	µg/l
Zink (Zn)	<10 - 390	µg/l
Chroom (Cr)	<4 - 520	µg/l
IJzer (Fe)	8,6 - 9,4	mg/l
Natrium (Na)	3,7 - 26	g/l
Onopgeloste bestanddelen / Zwevende stof	29	mg/l

*: De verhouding tussen CZV en TOC is ver buiten de theoretisch mogelijke maximale verhouding. De waarschijnlijke reden hiervoor is het extreem hoge zoutgehalte. In de meeste testen wordt een bovengrens van 1.500 mg/l chloride aangegeven. Het chloridegehalte bevindt zich een factor 40 boven deze grens. Daarom lijkt de TOC-waarde de meest correcte. Hierop gebaseerd zou de waarde van CZV ongeveer 360 – 600 mg/l zijn.

Daarnaast bevat testwater mogelijk Zeer Zorgwekkende Stoffen, bevat het mogelijk radioactieve elementen die zich vooral aan de deeltjes zullen hechten en na hechting uiteindelijk via concentratieophoping boven wettelijke minimum grenswaarden kunnen komen. Ook worden er hulpstoffen toegevoegd waar vooralsnog onvoldoende informatie over beschikbaar is.

2.2 Lozen en verwerken van testwater

In de rapportage “Onderzoek naar de verwerking van testwater afkomstig van geothermie” van 23 mei 2019 zijn de verwerkingsroutes van dit testwater nader onderzocht.

Van 4 projecten² uitgevoerd in 2017-2018 is bekend dat het water gezuiverd is volgens het protocol opgesteld door WMinnovative en vervolgens (gedoseerd) geloosd is bij een vast lozingsput op het (zoute)

1 De in de tabel weergegeven getallen betreft een gemiddelde van verzamelde gegevens. Hierdoor zijn eventuele afwijkingen mogelijk.

2 Geopower Oudcamp 2017, Haagse aardwarmte Leyweg 2018, Trias Westland 2017, warmtebedrijf bergschenhoek 2017.

oppervlaktewater de Nieuwe Waterweg. Bij het project ECW Andijk uit 2018 is bekend dat het testwater deels is afgevoerd naar een regionale rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) en deels geïnjecteerd.

Herinjectie heeft hoge operationele kosten door een groot energieverbruik. Daarnaast kan herinjectie verstopping veroorzaken. In de praktijk, in overleg met SodM, is het toegestaan om al het testwater te herinjecteren met toevoeging van hulpstoffen. Er spelen ook risico's voor de ondergrondse waterkwaliteit en daarmee de drinkwatervoorziening.

Afvoer via een externe verwerker heeft de minste voorkeur. Er zijn veel transportbewegingen nodig en het is beleidstechnisch uitdagend. Daarnaast speelt ook hier de kwaliteit van het testwater een rol in de acceptatie door de vervoerder en de verwerker. Dit geldt onder andere voor het zoutgehalte en kan leiden tot aanvullende behandeling voor het transport.

Lozing op oppervlaktewater wordt in bovengenoemd rapport als de gunstigste optie bestempeld. Directe lozing op een oppervlaktewater is meestal niet toegestaan zonder voorafgaande behandeling. De zoutconcentratie van het ontvangend oppervlaktewater is daarmee zeer bepalend in de toelaatbaarheid van deze verwerkingsroute. Herinjectie van het testwater wordt daarom vooralsnog gezien als de geprefereerde optie. In deze zin kan herinjectie als de best beschikbare techniek worden bestempeld.

Een mogelijkheid is om testwater via een rwzi te lozen op oppervlaktewater. Daarmee kan in de gewenste behandeling worden voorzien. Hier wordt in volgende hoofdstukken verder op ingegaan. Het testwater kan op twee manier bij de rwzi worden geloosd, via de riolering of per as. Lozing via de riolering wordt onder andere bepaald door de capaciteit van de leidingen, pompen en gemalen, het beleid rondom hemelwater, overstorten en het transporteren van water anders dan afvalwater. Daarnaast speelt ook het effect van de kwaliteit van het testwater op de houdbaarheid van het rioleringssysteem mee. Een evaluatie van het transport via riolering valt niet binnen deze studie. Het aanvoeren per as heeft dezelfde voor- en nadelen als wanneer het naar een verwerker wordt gebracht.

3 Lozen via een rwzi

3.1 Achtergrond

In deze rapportage wordt de optie van verwerken op een rwzi nader toegelicht. De vragen die zijn bestudeerd betreffen de effecten van hoge zoutconcentraties en onder welke omstandigheden een dergelijke lozing via een rwzi kan worden geaccepteerd. Hierbij zijn de lozingsnormen voor de rwzi van belang, het effect van zout op de biologie en chemische processen van de rwzi, en hoe deze effecten kunnen worden gemanaged. In sommige gevallen is er aanvullende voorbehandeling nodig, onder meer afhankelijk van andere parameters in het testwater.

3.2 Transport naar de rwzi

Transport naar de rwzi kan bemoeilijkt worden door de corrosiviteit van hoge zoutgehalten. Afhankelijk van het materiaal van de transportleidingen en de dekkingsgraad in betonnen leidingen kunnen mogelijk meer of minder strenge eisen aan de maximale concentraties in het te lozen afvalwater zijn gesteld. Kan niet aan de eisen worden voldaan, dan dient het water per as naar de rwzi te worden getransporteerd. Een grens van 1.000 mg/l wordt regelmatig gehanteerd³. Dit zou betekenen dat het testwater bijna alleen met een zeer substantiële verdunning (factor van 100) zou kunnen worden gedoseerd.

3.3 Doelmatigheid van de rwzi

Een van de belangrijkste redenen om een –willekeurige– lozing van afvalwater op een rwzi niét toe te staan is dat deze de doelmatigheid van de werking van de rwzi aantast of dreigt aan te tasten. Nu is ‘doelmatigheid’ een min of meer vaag begrip. In een beleidsnotitie van Waterschap Aa en Maas⁴ wordt onder meer het volgende gesteld.

1. Voor hemelwater en andere afvalwaterstromen, die weinig of geen verontreinigende stoffen bevatten, baseert het waterschap zich op het volgende principe “niet op riolering, tenzij een andere wijze van verwerking niet redelijkerwijs uitvoerbaar is”.
2. De lozing van het bedrijfsafvalwater mag er niet toe leiden dat ten gevolge daarvan de lozingseisen gesteld in de Wvo-vergunning van de rwzi worden overschreden.
3. Voor de beoordeling of het afvalwater van een bepaalde lozer in het kader van doelmatige verwerking aanvaardbaar is wordt dit afvalwater primair getoetst aan de in Tabel 4 gegeven verhoudingsgetallen.

Tabel 2. Criteria voor de samenstelling van afvalwater dat de doelmatige werking van een rwzi niét bedreigt.

Verhoudingsgetal	eenheid	doelmatige verwerkbaarheid geloosd afvalwater	doelmatige verwerkbaarheid influent rwzi
CZV / N _{TOT}	–	> 7	> 10
BZV / N _{TOT}	–	> 2,7	> 3,2
BZV / P _{TOT}	–	> 10	> 12
N _{TOT} / P _{TOT}	–	> 4 en < 6	> 4 en < 6

3 Waternet 2016. Lozingen van warmte-koude opslag systemen – Aanbevelingen voor een stimulerend en eenduidig Waternet beleid.

4 Waterschap Aa en Maas 2017. Beleidsnotitie Doelmatige werking zuiveringstechnische werken - Wetstechnische informatie. Waterschap Aa en Maas 2017. http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmloutput/historie/Waterschap%20Aa%20en%20Maas/272036/272036_1.html

Verhoudingsgetal	eenheid	doelmatige verwerkbaarheid geloosd afvalwater	doelmatige verwerkbaarheid influent rwzi
CZV / BZV	–	< 5	< 5
N-Kj / NO ₃ -N	–	> 10	–
“dikheid”	l/i.e.	< 350	–
V _B / V _I *	-	–	< 0.05

* : V_B = de vracht aan NO₃-N in het geloosde bedrijfsafvalwater (in kg/etmaal); V_I = 2 (mg NO₃-N/l) / 1000 x Q_{MAX} (m³/d), met Q_{MAX} is de maximale aanvoer.

- Door de lozing mag de hydraulische capaciteit van de rwzi niet in gevaar worden gebracht
- Er mogen geen toxische stoffen worden geloosd. Voor zover de verstoring wordt veroorzaakt door toxische effecten, geldt dat het te lozen afvalwater in een toxiciteitstest geen aantoonbare remming mag geven van bacteriële afbraakprocessen (remming < 10% in bijvoorbeeld respiratiemeting, nitrificatieremmingstest, P-opnametest).

Van de verhoudingsgetallen die worden gegeven in Tabel 2 is alleen de ‘dikheid’ van het afvalwater van belang. De concentratie van CZV bedraagt circa 3 – 5 x TOC = 360 – 600 mg/l. Daarmee zou de concentratie misschien niet hoog genoeg zijn (de grens is 350 l/i.e., en dat komt neer op een CZV concentratie van 430 mg/l bij afwezigheid van Kjehtaldstikstof).

Het onder het vijfde punt genoemde criterium is absoluut niet haalbaar. Het onverdunde afvalwater zal zeker meer dan 10%, vrijwel zeker 100%, remming te zien geven in zowel respiratie, nitrificatie en P-opname.

Te oordelen naar de boven aangegeven punten zou het lozen van testwater ontoelaatbaar zijn, met name aan de hand van het criterium dat het onverdunde afvalwater zelf niet meer dan 10% remmend mag werken. Echter, aangezien de aangegeven punten uitgaan van reguliere lozingen en geen rekening is gehouden met eventuele tijdelijke lozingen van stromen zoals testwater bij geothermie ontwikkeling, lijken aanvullende overwegingen van belang om tot een goede afweging te komen.

3.4 Het effect van lozingen van testwater op een rwzi

3.4.1 Zout

Biologie

De biologische omzetting van ammoniumstikstof NH₄⁺-N in nitraat NO₃⁻, de nitrificatie, is essentieel voor de stikstofverwijdering op een rwzi. Nitrificerende bacteriën hebben een lage groeisnelheid. Hoge zoutconcentraties hebben effect op het enzymatisch systeem van bacteriën⁵. Dit is met name te wijten aan de osmotische druk, de samenstelling van verschillende ionen en de ionische sterkte van zouten. Er bestaan zuiveringen met goede biologische activiteit met zoutgehaltes die in de buurt komen van de zoutconcentratie in zeewater. De diversiteit van de microbiologische populatie nam toe bij lichte stijging van het zoutgehalte (30 mg/l tot 300 mg/l) en nam vervolgens sterk af onder meer zoute omstandigheden (10 g/l tot 90 g/l). Herstel van de originele populaties trad niet op⁶.

5 Galinski E A & H G Trüper 1994. Microbial behaviour in salt-stressed ecosystems. FEMS Microbiology Reviews **15**: 95-108.

6 Yang Hu, Chengrong Bai, Jian Cai, Keqiang Shao, Xiangming Tang & Guang Gao 2018. Low recovery of bacterial community after an extreme salinization-desalinization cycle. BMC Microbiology 18:195.

Nitrificatie kan echter succesvol worden toegepast tot zoutgehalten van 85 g/l. De activiteit van de nitrificeerders bij deze zoutgehalten neemt wel sterk af⁷. Abrupte stijging van het zoutgehalte heeft echter een sterk negatief effect op de nitrificatie⁸. De effecten verschillen voor de beide tussenstappen in de nitrificatie, de vorming van nitriet uit ammoniumstikstof en de vorming van nitraat uit nitriet, en er is ook vrij sterke (negatieve) interactie tussen de beide groepen bij plotseling toename van de zoutconcentratie tot circa 12 g/l⁹. De activiteit van *Nitrosomas europaeae* (een bacterie die ammoniumstikstof omzet tot nitriet) vertoonde bij een zoutconcentratie van 5 g/l nog 80% van de oorspronkelijk activiteit bij 0 - 1 g/l¹⁰. Ook van denitrificatie –de biologische verwijdering van nitraat, die eveneens essentieel is voor de stikstofverwijdering op een rwzi– is bekend dat enkele enzymactiviteiten afnemen¹¹, maar deze bacteriën hebben juist een hoge groeisnelheid. Toch is ook bij de denitrificatie bij wisselende zoutconcentraties adaptatietijd nodig¹².

In zijn algemeenheid lijkt het zo te zijn dat zoutconcentraties tot 10 g/l altijd leiden tot adaptatie van de populatie en dat de oorspronkelijke activiteiten en rendementen na enkele weken weer worden gerealiseerd¹³. Bij concentraties lager dan 10 g/l aan NaCl trad geen populatieverschuiving op, daarboven wel. Gehaltes tot 5.000 mg/l zouden stimulerend werken. Bij een langzame en regelmatige stijging van de concentratie met 200 mg.l⁻¹.d⁻¹ trad geen enkel negatief effect in activiteit op tot aan 5.000 en zelfs 10.000 mg/l. Tot aan 5.000 mg/l gold dat ook voor de nitrietoxidatie. Adaptatie, in de zin van wijziging van de bacteriepopulatie, was kennelijk niet nodig¹⁴.

Met name de laatste conclusies lijken van belang te zijn:

1. gehalten tot 5.000 mg/l zijn tolereerbaar, zoals in meerdere studies aangetoond;
2. wijziging van het zoutgehalte met 200 mg.l⁻¹.d⁻¹ leiden niet tot daling van de activiteit, tot aan gehalten van 5 g/l;
3. bij gehalten onder 5 g/l treden geen opzichtige wijzigingen in de bacteriepopulaties op.

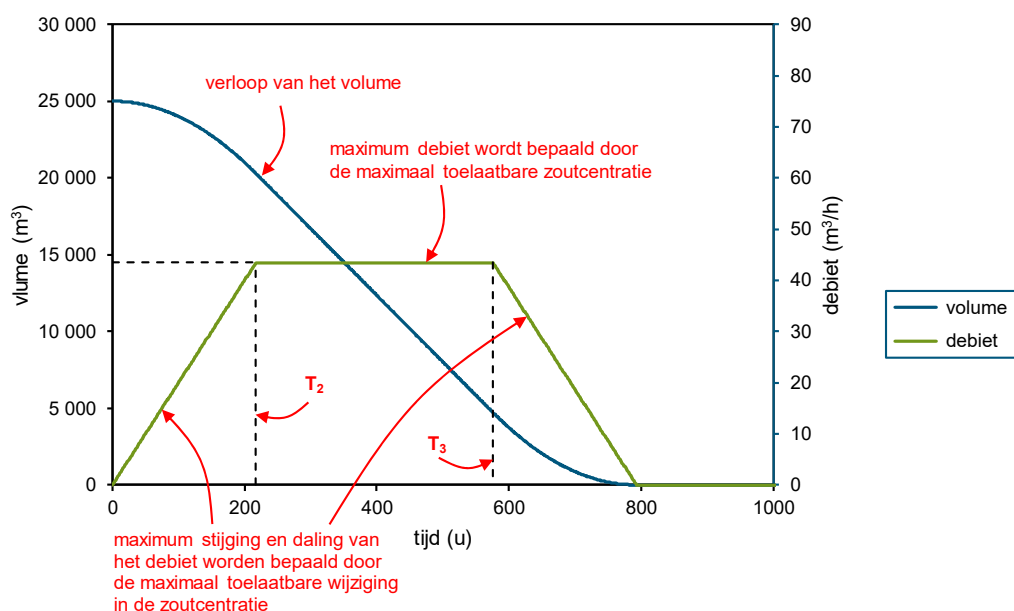
Er is niet veel bekend over de invloed van zouten op biologische verwijdering van fosfaat. Echter, door de hoge groeisnelheid van deze bacteriën lijkt er voor de werking van een rwzi minder gevaar te bestaan dan voor de nitrificatie. Bij een slibleeftijd van 10 dagen had een stijging van 0 tot 8 g/l echter wel effect op de verwijdering van fosfor, en ook op die van NH₄ en CZV¹⁵. Ongeadapteerd slib werd beïnvloed door

-
- 7 You-Wei Cui, Hong-Yu Zhang, Jie-Ran Ding & Yong-Zhen Peng 2016. The effects of salinity on nitrification using halophilic nitrifiers in a Sequencing Batch Reactor treating hypersaline wastewater. Scientific Reports 6: 24825.
 - 8 Kinyage J, P Bovbjerg Pedersen & I-F Pedersen 2018. Effects of abrupt salinity increase on nitrification processes in a freshwater moving bed biofilter. Aquacultural Engineering. 84. DOI 10.1016/j.aquaeng.2018.12.005.
 - 9 Ileggrande C, B Leroy, R Wattiez, S E Vlaeminck, N Boon & P Clauwaert 2018. Metabolic and Proteomic Responses to Salinity in Synthetic Nitrifying Communities of *Nitrosomonas* spp. and *Nitrobacter* spp. Front. Microbiol Nov 2018. DOI 10.3389/fmicb.2018.02914
 - 10 Hunik J H, J Tramper & H J G Meijer 1992. Kinetics of *Nitrosomonas europaea* at extreme substrate, product and salt concentrations. Applied Microbiology and Biotechnology 37: 802-807.
 - 11 Manyailo O V, A L Stepanov & M M Umarov 1998. Effect of Salts on the Denitrification Product Ratio in Soils. Eurasian Soil Science 31 (3): 316-320.
 - 12 Ivan X ZHu & J R Liu Introductory Chapter: Effects of Salinity on Biological Nitrate Removal from Industrial Wastewater
 - 13 Linarić M, M Markić & L Sipos 2013. High salinity wastewater treatment. Water Sci Technol 68 (6): 1400-1405.
 - 14 G-H Chen, M-T Wong, S Okabe & Y Watanabe 2003. Dynamic response of nitrifying activated sludge batch culture to increased chloride concentration. Water Research 37 (13): 3125-3135.
 - 15 Uygur A & F Kargi 2004. Salt inhibition on biological nutrient removal from saline wastewater in a sequencing batch reactor. Enzyme and Microbial Technology 34 (3-4): 313-318.

plotselinge toediening van zoutconcentraties van 1,8 g/l¹⁶. Niettemin zouden de bacteriën betrokken bij biologische fosfaatverwijdering weinig gevoelig zijn voor zoutconcentraties tot 20 g/l¹⁷.

Deelstroombehandeling voor stikstof (Demon, Anammox) maakt gebruik van de zogeheten anammox-bacteriën, die nitriet en ammonium omzetten tot stikstofgas. Deze bacteriën groeien nog veel langzamer dan nitrificerende bacteriën. Anammox-bacteriën kunnen echter wennen aan concentraties van 30 g/l, mits de concentraties niet te snel stijgen¹⁸. Tot aan concentraties van 10 g/l heeft een verhoging van de zoutconcentratie juist een stimulerend effect¹⁹.

Het maximale zoutgehalte en de grootte van de rwzi (of beter: het droogweerdebiet van de rwzi) bepalen dus het maximaal toelaatbare debiet van de lozing. De maximale wijziging in het zoutgehalte die toelaatbaar wordt geacht bepaalt hoeveel het debiet per dag mag wijzigen. Dit houdt in dat een lozing van testwater er uit komt te zien als schematische weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Lozing van testwater op een rwzi. Het verloop van het volume (blauw) en debiet (groen) zijn weergegeven. Zie bijlage voor verdere toelichting.

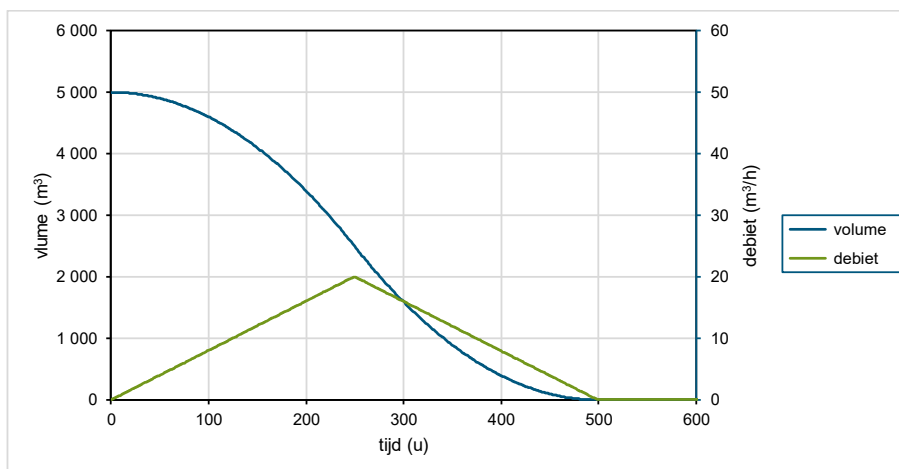
In de bijlage wordt ingegaan hoe maximum debiet van de lozing, en de maximum wijziging van het debiet kunnen worden berekend. In een typisch geval (5.000 m³ testwater op een rwzi van circa 100.000 i.e., met maximaal toelaatbaar zoutgehalte van 5.000 mg/l en maximum wijziging van het zoutgehalte van 200 mg.l⁻¹.d⁻¹) wordt het maximaal toelaatbare debiet bij lange na niet gehaald, omdat de maximaal toelaatbare wijziging in het zoutgehalte dit niet toestaat. In Figuur 3 is een voorbeeld gegeven.

16 Welles L, C M Lopez-Velasques, C M Hooijmans, M C M van Loosdrecht & D Brdjanovic 2015. Impact of salinity on the aerobic metabolism of phosphate-accumulating organisms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **99** (8): 3659-3672.

17 Pronk M, (TU Delft) *mondelinge mededeling*.

18 B Kartal M Koleva R Arsov W van der Star M S M Jetten & M Strous 2006. Adaptation of a freshwater anammox population to high salinity wastewater. *J Biotechnology* **126** (1): 546-553.

19 Engelbrecht S, M Mozooni, K Rathsack, J Böllmann & M Martienssen 2018. Effect of increasing salinity to adapted and non-adapted Anammox biofilms. *Environmental Technology* <https://www.tandfonline.com/eprint/p7XvvApsKsPtJZ86kp9w/full>



Figuur 3.

Lozing van een typische hoeveelheid testwater (5.000 m³) met een typisch zoutgehalte (100 g/l) op een rwzi van circa 100.000 i.e. bij een maximaal toelaatbaar zoutgehalte van 5.000 mg/l en een maximaal toelaatbare wijziging van het zoutgehalte van 200 mg.l⁻¹.d⁻¹. Het maximale debiet van (in dit geval 43,4 m³/h) wordt niet bereikt, het maximum bedraagt 20,0 m³/h hetgeen betekent dat de hoeveelheid testwater in ruim 10 dagen kan worden verwerkt.

Beluchting

Een verhoogde zoutconcentratie heeft invloed op de oplosbaarheid van zuurstof in water. Hoe hoger het zoutgehalte, hoe lager de evenwichtszuurstofconcentratie. Dit effect kan de overdracht van zuurstof in een biologische zuivering bemoeilijken. Bij een hogere zoutconcentratie wordt de zogeheten alfa-factor juist hoger. De alfa-factor geeft de verhouding aan tussen de zuurstofoverdracht in het afvalwater in de aanwezigheid van biologische slib en die in schoon water. Dit effect geldt alleen voor bellenbeluchting met fijne bellen. Bij een zoutgehalte van 2 g/l zou de overdracht met circa 20% verbeteren. Bij puntbeluchting is alleen de vermindering van de oplosbaarheid van belang. Deze is echter betrekkelijk gering, bij een chloridegehalte van 5 g/l is de verzadigingsconcentratie van zuurstof in contact met lucht bij 12 °C 10,4 mg/l en bij 0,1 g/l 10,7 mg/l.

Bezinking

De bezinking van het slib maakt een essentieel onderdeel uit van de werking van een rwzi. Door de bezinking van het slib wordt het slib gescheiden van het behandelde afvalwater en kan het slib worden teruggevoerd. Bij verslechtering van de bezinkingseigenschappen van het slib kan het zijn dat er slib uitspoelt. De concentraties zwevende stof in het effluent kunnen dan ontoelaatbaar hoog worden. De bezinkingseigenschappen van het slib vóórdat eventuele lozing van zeer zout water wordt overwogen, kan dus van belang zijn, net als de mate waarin de bezinkingseigenschappen veranderen als gevolg van hoge zoutconcentraties. Het is niet helemaal duidelijk in hoeverre de bezinkingseigenschappen van het slib nadelig worden beïnvloed door hoge of wisselende zoutconcentraties. In *sequencing batch reactoren* (SBR) had een langzaam stijgende zoutconcentratie een positief effect op de bezinkingseigenschappen (dus daling van de SVI)²⁰.

Ontwatering

De ontwatering van het in de biologische stappen van de zuivering gevormde slib wordt eveneens beïnvloed door het zoutgehalte. Meestal is echter een verhoogd zoutgehalte geen bezwaar, omdat doorgaans de ontwaterbaarheid van het slib toeneemt bij toenemende zoutgehalten. De samenhang

20 Bassin J P, R Kleerebezem, G Muyzer, A Soares Rosado, M C M van Loosdrecht & M Dezotti 2011. Effect of different salt adaptation strategies on the microbial diversity, activity, and settling of nitrifying sludge in sequencing batch reactors. *Applied Microbiology and Biotechnology* **93** (3): 1281-1294.

tussen asgehalte van het slib en het ontwateringresultaat wordt aangegeven door een leverancier van centrifuges²¹ en blijkt ook uit resultaten van de ontwatering van Waterschap Regge en Dinkel²².

Lozing op oppervlaktewater

Een rwzi loost altijd op oppervlaktewater. Dit betekent dat lozing van zout water dat door een rwzi is behandeld ook effect heeft op het ontvangend oppervlaktewater. De effecten van de lozing van chloride hangen sterk af van de aard van het ontvangende oppervlaktewater. Bij grote rivieren in de buurt van de kust kan er sprake zijn van getijdewerking, met sterk wisselende zoutgehalten (van 100 mg/l tot 2.000 mg/l) als gevolg. Dan zal de lozing van zout water geen probleem zijn. Ook in zijn algemeenheid zullen grote rivieren en hun ecosystemen door hun hoge waterafvoer nauwelijks last ondervinden van de lozing van zout water. De situatie wordt heel anders als het ontvangende oppervlaktewater zoet is. In een rapport over het onderwerp²³ worden twee grenswaarden opgegeven: 570 mg/l als de grens waarboven mogelijk schadelijke effecten zijn te verwachten en 94 mg/l als de grens waaronder géén schadelijke effecten zijn te verwachten.

3.4.2 Andere componenten

Naast zout heeft testwater andere componenten die een invloed hebben op de rwzi. De concentraties die in Tabel 1 worden genoemd lijken echter alle te laag om enige invloed op de werking van de rwzi te hebben. BTEX zijn in het algemeen goed afbreekbaar, mits de concentraties niet te hoog zijn. De lage concentraties zullen een verwaarloosbare invloed hebben op de belasting.

Metalen worden vooral verwijderd in een actiefslibinstallatie door adsorptie aan en absorptie in het biologische slib²⁴. Aan de hand van evenwichtsberekeningen kan een redelijk beeld van de verwijdering van metalen worden verkregen, aan de hand van de slibproductie en de karakteristieken van de verdeling van de metalen over water en slib²⁵. Verhoogde zoutconcentraties zullen de adsorptie verminderen²⁶, maar het valt niet aan te nemen dat de niet al te sterk verhoogde zoutconcentraties na het lozen van testwater veel effect op de adsorptie hebben.

3.4.3 Radioactiviteit

In het testwater kan zich natuurlijke radioactieve straling producerend materiaal (NORM, *naturally occurring radioactive materials*) bevinden. Aardwarmtevergunninghouders (verenigd in DAGO) hanteren een uitgebreid protocol voor de omgang met de NORM-bevattende stoffen²⁷. Volgens een Belgische website kunnen filterelementen activiteitsniveaus van 1000 – 5000 Bq/kg bevatten. Dat is 2 – 5 x boven het niveau dat als NORM-residu wordt gekenschetst²⁸. Het is voornamelijk niet duidelijk welke activiteitsniveaus van het testwater verwacht kunnen worden, en of deze natuurlijke radioactiviteit van het water op het slib wordt overgedragen. De concentratie NORM kan zich ophopen en mogelijk boven grenswaarden komen. Echter, de mate van verdunning van tenminste een factor 50 maakt de kans op zorgwekkende niveaus in het slib van de rwzi minimaal. Aanslag op warmtewisselaars, dat bij

21 Opgave volgens fabrikant Generetti, Italië

22 Stichting Postacademisch Onderwijs: Cursus Slibverwerking anno 2001. Delft, 2001.

23 RIVM, 2008. Afleiding van milieurisicogrenzen voor chloride in oppervlaktewater, grondwater, bodem en waterbodem.

24 STOWA 2008. Afkoppelen van hemelwater. STOWA, Utrecht, rapport 2008-14.

25 STOWA 2005. Toekomstige kwantiteit en kwaliteit van zuiveringsslib. STOWA, Utrecht, rapport 2005-06

26 Sherene T 2010. Mobility and transport of heavy metals in polluted soil environment. Biological Forum 2 (2): 112 – 121.

27 DAGO-richtlijn omgang met radioactiviteit.

28 <https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiCptPEocHIAhXSwwKQKHSHLALQQFjAlegQIChAB&url=https%3A%2F%2Fvito.be%2Fen%2Fnews%2Fradioactivity-and-deep-geothermal-energy&usq=AOvVaw2OyWZdqYe1THiBgWj-2PhT>

schoonmaken aan het testwater wordt toegevoegd, zou radioactiviteit kunnen bevatten. Ook hierbij geldt dat de verdunning met slib de stralingsniveaus acceptabel zou maken.

Mocht het testwater substantiële radioactiviteit bevatten, dan dient de radioactiviteit van zowel het de zwevende stof in het water als die van het gefiltreerde water te worden vastgesteld. Mocht zich een substantiële activiteit bevinden in de zwevende stof, dan dient het zwevende stof te worden afgevangen voordat het testwater aan het afvalwater dat door de rwzi wordt behandeld, wordt toegevoegd. Een filtratiestap is daartoe geschikt. In het geval van te verwijderen radioactiviteit zou de filtratiestap bij de testwaterlocatie dienen te worden gelokaliseerd. De operator van de locatie is dan belast met de verwijdering van het radioactieve afval.

Er is een poging gedaan om tot een schatting te komen van de te verwachten radioactiviteit in slib na behandeling in de rwzi. Radioactiviteit in diep grondwater hecht zich vooral aan deeltjes. Als ervan kan worden uitgegaan dat de meeste deeltjes worden verwijderd door filtratie met behulp van een (doeken)filter, dan zal de radioactiviteit vooral accumuleren in door het filter afgescheiden materiaal.

Er worden tijdens productie van aardwarmte met enige regelmaat metingen van de radioactiviteit uitgevoerd aan het materiaal dat uit de doekenfilters op de testinstallaties wordt verwijderd. Met informatie over de hoeveelheid radioactiviteit die wordt verwijderd en de frequentie van verwijdering van het materiaal en de debieten van het testwater dat door de filters wordt behandeld, kan een indruk worden verkregen van de hoeveelheid radioactiviteit die zich in het behandeld afvalwater heeft bevonden. Relevante gegevens voor de schatting voor de hoeveelheid radioactiviteit in testwater zijn samengevat in Tabel 3.

Tabel 3. Relevante gegevens voor een schatting van de radioactiviteit in testwater. "min", "mid" en "max" zijn respectievelijk de minimale, gemiddelde en maximale waarden.

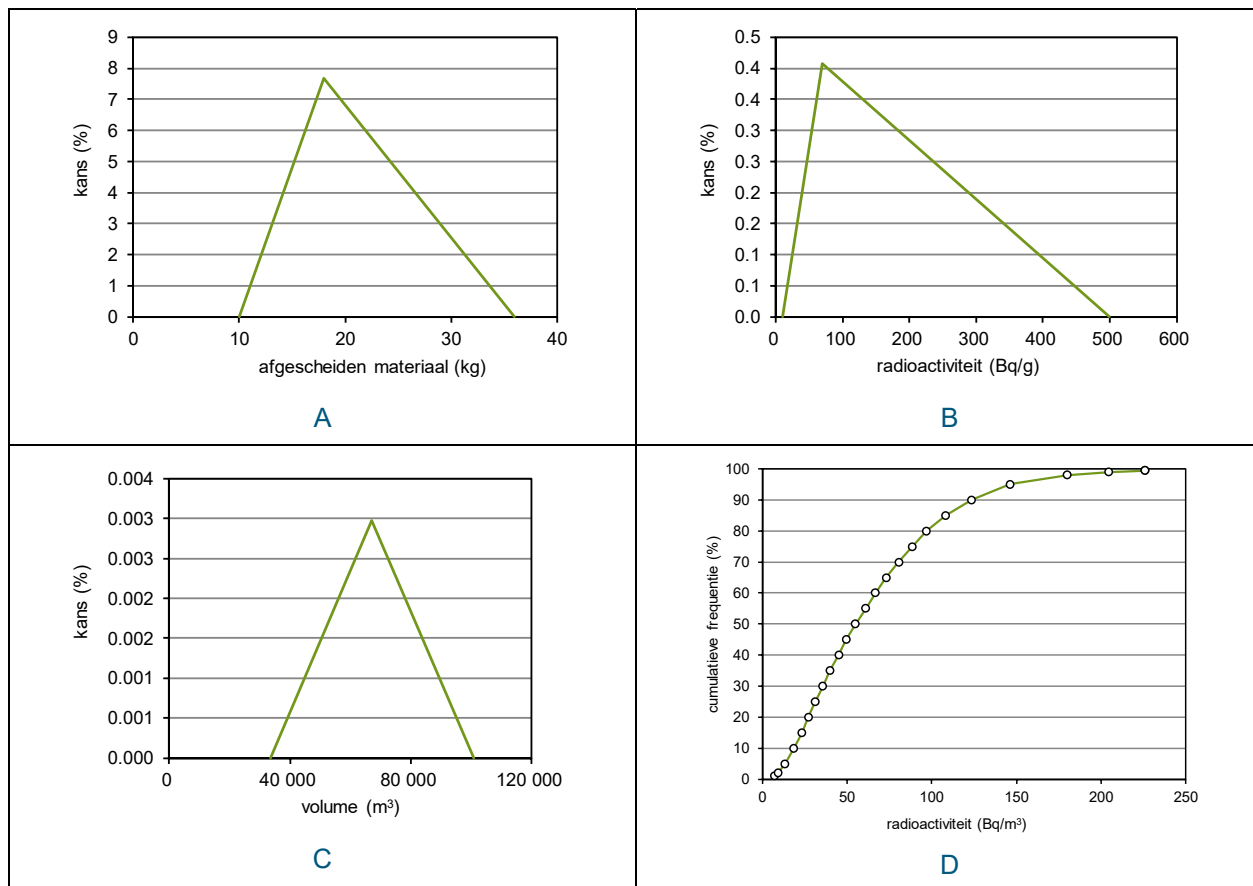
parameter	eenheid	min	mid	max
periode	d	1	14	28
hoeveelheid afgescheiden	kg	10	18	36
radio-activiteit	Bq/kg x 1000	10	70	500
behandeld volume	m ³	33 600	67 200	100 800

De hoeveelheid radioactiviteit in het water is nu:

$$X = \frac{R * S}{V}$$

met X is de radioactiviteit (Bq/m³), R is de radioactiviteit in het afgescheiden slib (Bq/kg), S is de hoeveelheid afgescheiden slib (kg) en V is de hoeveelheid behandeld water tussen twee keer slib afscheiden.

De radioactiviteit in het behandeld water kan nu als volgt worden geschat. De waarden in Tabel 3 werden geacht deel uit te maken van een driehoekige kansverdeling die wordt bepaald door de opgegeven waarden. De gelijkens met een normale verdeling is betrekkelijk groot, zie Figuur 4. De verdeling wordt geheel bepaald door de drie waarden voor minimum, gemiddelde en maximum. Nu kan met een zogenaamde Monte Carlo simulatie, waarbij een groot aantal herhalingen wordt verricht van een berekening met uit de opgegeven kansverdelingen gelote waarden, een indruk worden verkregen van de te verwachten spreiding in de concentraties radioactiviteit in het testwater. De uitkomsten zijn samengevat in Figuur 4.



Figuur 4. Verdelingen van (A) de hoeveelheid afgescheiden materiaal, (B) de radioactiviteit daarin, (C) de hoeveelheid water die is behandeld, en (D) de resulterende schatting van de verdeling van radioactiviteit in het testwater, na 5000 x loten van de drie parameters

Uit de simulatie blijkt dat een de radioactiviteit kan worden geschat te liggen tussen 10 en 172 Bq/m³ (95%-betrouwbaarheidsinterval). De in België gemeten waarden waren wat hoger. Als 5000 Bq/kg als maximale waarde voor de radioactiviteit van het afgescheiden materiaal zou worden genomen, dan zou het interval 30 – 1.650 Bq/m³ bedragen.

Zelfs bij deze hoge (95-percentiel)-waarde bedraagt de toename van de radioactiviteit (achtergrondwaarde is onbekend) in het slib van de rwzi maximaal circa 30 Bq/kg slib, zoals is berekend voor rwzi A. Deze waarde ligt ver van waarden die verontrustend worden geacht. Daarom zijn verdere berekeningen niet uitgevoerd, bij rwzi B zal de waarde ongeveer hetzelfde zijn, en bij C veel lager, vanwege de veel grotere verdunning. Nader onderzoek is nodig.

3.5 Voorlopig protocol

Aan de hand van de hiervoor gegeven overwegingen kan een 'voorlopig protocol' voor de behandeling van testwater op een rwzi worden opgesteld.

■ Mag het testwater op het riool worden geloosd?

Dit valt buiten de scope van dit rapport. Het is voorstelbaar dat er –vanwege de corrosiviteit van zeer zout water– beperkingen zijn aan het transport door bijvoorbeeld betonnen leidingen.

■ Hoe wordt voldaan aan de criteria voor de zoutwaterlozing op de rwzi zelf?

In principe zijn er twee criteria:

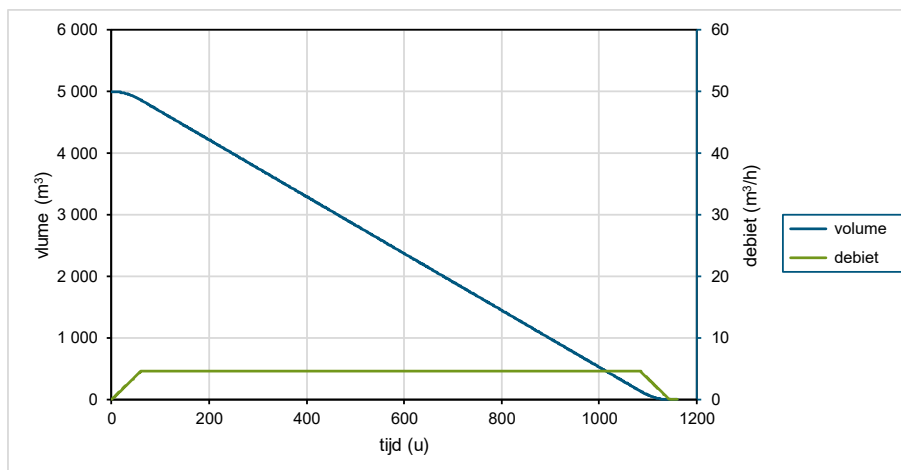
- het maximale zoutgehalte;
- de maximale wijziging van het zoutgehalte (zowel stijging als daling).

In de bijlage wordt toegelicht hoe de parameters voor de lozing uit de criteria kunnen worden berekend. Uit het gemiddelde droogweerdebiet, het gemiddelde afvalwaterdebiet en de maximale behandelingscapaciteit van de rwzi, en de hoeveelheid en concentratie van het testwater kunnen de parameters omtrent de toegestane aanvoerdebiet en het verloop van het aanvoerdebiet worden berekend.

■ Kan worden voldaan aan de criteria voor de lozing van effluent door de rwzi?

Het chloridegehalte van oppervlaktewater hoort bij de beoordelingscriteria voor de lozing van effluent door een rwzi. Het chloridegehalte in 'zoet' oppervlaktewater bedraagt circa 60 – 100 mg/l²⁹. Brak en (bijna) zout water hebben natuurlijk veel hogere gehalten. Gemiddeld huishoudelijk afvalwater bevat circa 80 – 120 mg/l aan chloride³⁰. Lozing op oppervlaktewater werd vroeger alleen toegestaan bij chloridegehalten onder 200 mg/l. Het is duidelijk dat er beperkingen aan het chloridegehalte kunnen zijn die aan de lozing door een rwzi worden gesteld. De beperkingen zullen afhankelijk zijn van de grootte (in volume of debiet) van het ontvangende oppervlaktewater en de daarmee samenhangende mate van verdunning en mogelijk ook bijvoorbeeld het seizoen (aangezien het om een tijdelijke lozing gaat). Een immissietoets kan hierover mogelijk helderheid verschaffen.

De grens aan de het chloridegehalte in de lozing van de rwzi bepaalt natuurlijk tevens de maximale concentratie zout in de rwzi. Eventueel dienen berekeningen hierop te worden aangepast. In Figuur 5 is een voorbeeld gegeven (vergelijk met Figuur 3).



Figuur 5. Lozing van een typische hoeveelheid testwater (5.000 m³) met een typisch zoutgehalte (100 g/l) op een rwzi van circa 100.000 i.e. bij een maximaal toelaatbaar zoutgehalte van 600 mg/l en een maximaal toelaatbare wijziging van het zoutgehalte van 200 mg.l⁻¹.d⁻¹. Het maximale debiet van (in dit geval 43,4 m³/h) wordt niet bereikt, het maximum bedraagt 20,0 m³/h. Het enige verschil met de resultaten in Figuur 3 is het maximaal toelaatbare zoutgehalte.

29 Stichting Postacademisch Onderwijs: Cursus Slibverwerking anno 2001. Delft, 2001.

30 Tchobanoglous G & F L Burton 1991. Wastewater engineering - Treatment, disposal and reuse / Metcalf & Eddy, Inc. 3d edition 1991. MacGraw-Hill., New York 1991

De vraag kan natuurlijk ook zijn in hoeverre de grens aan het chloridegehalte in de lozing tijdelijk kan worden verlicht.

4 Praktijkcases

4.1 Methodiek

In een startoverleg met drie waterkwaliteitsbeheerders (Waterschap Rivierenland, Waterschap Hollandse Delta en Wetterskip Fryslan) is vastgesteld hoe alle benodigde aspecten geïdentificeerd zijn. Aansluitend is gekozen welke rwzi's (landelijk gezien) als door te rekenen cases kunnen worden gebruikt. Vervolgens is vastgesteld welke informatie aanvullend nodig was en deze informatie is vastgelegd in een uitgangspuntennotitie.

Aan de hand van de gegevens van de rwzi's, hun ontvangende oppervlaktewater en regels voor toelaatbare zoutconcentratie en wisselingen daarin uit studies of praktijkgegevens, zijn de cases (3) doorgerekend en beschreven. Er is vastgesteld in welk tempo het testwater kan worden verwerkt op een dusdanige manier dat geen of minimaal tijdelijk negatief effect op de rwzi wordt bereikt. Ook is beoordeeld in welke mate de lozingseisen (specifiek voor zouten), en hiermee de bescherming van het ontvangend oppervlaktewater, worden beïnvloed en er knelpunten zijn gevonden. Vanuit deze resultaten zijn discussiepunten en aanbevelingen geconcretiseerd.

4.2 Selectie cases

De cases zijn geselecteerd op basis van de volgende criteria:

- grootte:
 - o een zeer grote rwzi (circa 300.000 – 400.000 i.e.)
 - o een matig grote (circa 100.000 i.e.)
 - o en een relatief kleine (40.000 i.e.)

Kleinere rwzi's hebben geen zin als case, omdat de kans dat deze het zeer zoute water kunnen verwerken of lozen veel geringer is dan bij grotere rwzi's.
- ontvangend oppervlaktewater
 - o groot, doorstromend en ongevoelig oppervlakte water
 - o klein, stilstaand en gevoelig oppervlakte water
- verschillende waterschappen
- verschillende beheerders van ontvangende oppervlaktewater

4.3 Resultaat

4.3.1 Rwzi A

Rwzi

De rwzi A heeft de volgende karakteristieken:

- vuillast : 33.600 v.e.
- gemiddeld DWA-debiet : 6.850 m³/d
- maximumdebiet : 20.200 m³/d
- maximumdebiet : 1.500 m³/h
- effluent chloride : 69 ± 18 mg/l

Er zijn geen eisen aan het effluent met betrekking tot het chloridegehalte.

Ontvangend oppervlaktewater

De rwzi A loost het effluent op een rivier met een geschat minimumdebiet van circa 585 m³/s. Dat komt neer op minimaal circa 2.100.000 m³/h. 5.000 m³ van 100 g/l binnen een week lozen zou het zoutgehalte van deze rivier (de Waal) dus met 5.000 m³ / 24 h/d / 7 d/wk x 100 g/l x 1000 mg/g / 2.100.000 m³/d = 1,4 mg/l doen stijgen. Het zoutgehalte van de rivier bedraagt circa 80-120 mg/l.

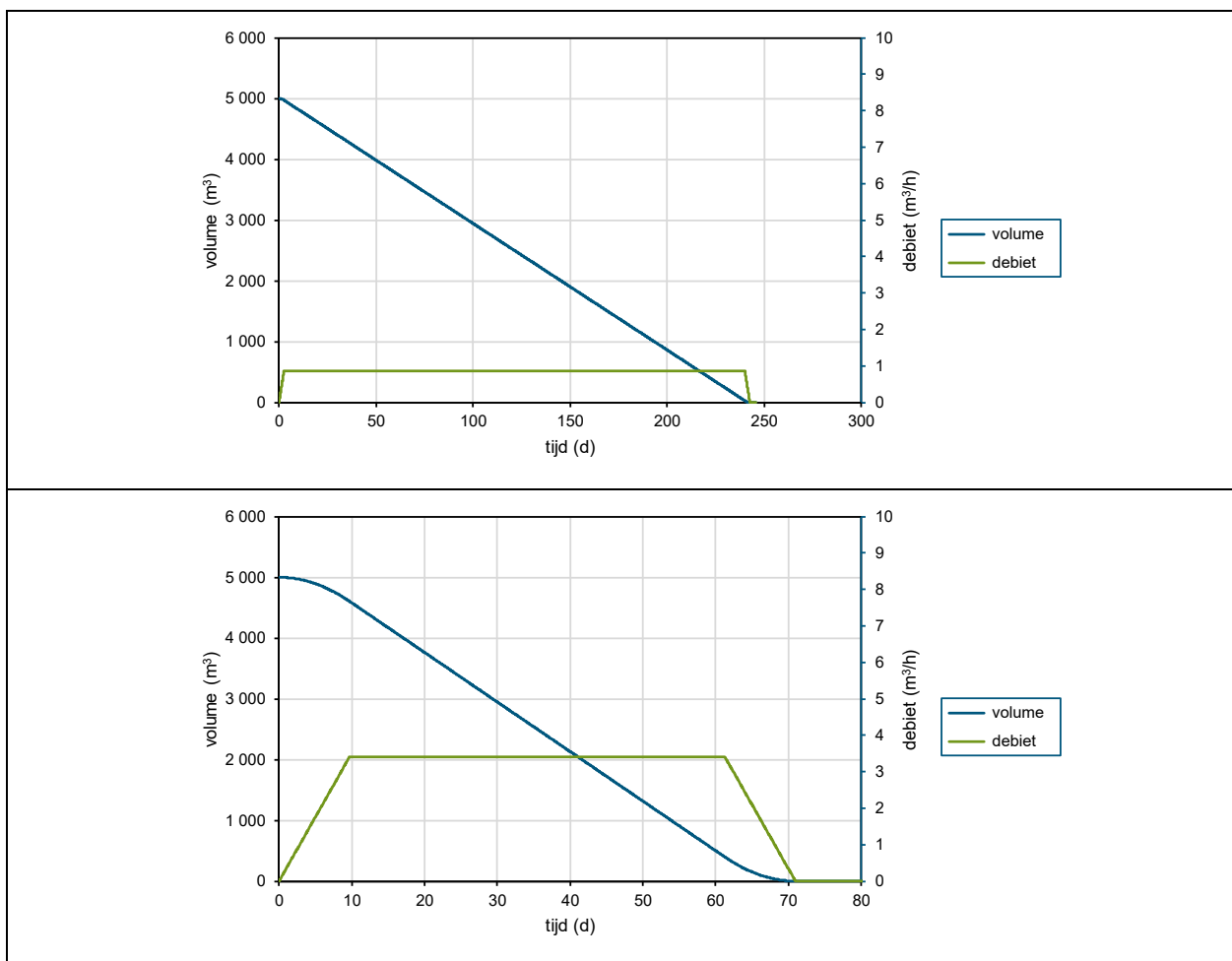
Bij heel lage afvoeren van de Rijn bij Lobith (minder dan 1100 m³/s) kan de watervoorziening van West-Nederland in het geding komen met als gevolg verzilting van het Rijnmondgebied. Zelfs bij zeer lage waterafvoeren is de invloed van de lozing van testwater zeer gering.

Verwerking van testwater

Het kan worden aangenomen dat lozing van testwater via rwzi A geen problemen levert voor het ontvangende oppervlaktewater. Daarmee is het dus de rwzi A zelf die bepalend is voor de verwerkingscapaciteit.

De rwzi is gemiddeld van grootte, met een ontwerpgrootte van 41.700 i.e. en een werkelijke belasting van circa 33.600 v.e. Het gemiddelde debiet bedraagt 6.850 m³/d.

Als zou worden uitgegaan van een grens voor de concentratie van chloride van 570 mg/l voor de lozing (de grens waarboven schadelijke effecten kunnen worden verwacht op zoetwatermilieus²³), dan zou het maximaal te verwerken debiet van testwater met een zoutgehalte van 100 g/l circa 0,9 m³/h bedragen. Aangezien direct op de Waal wordt geloosd, lijkt het redelijk om aanzienlijk hogere concentraties toe te laten. Bij een toegestane zoutconcentratie van 2.000 mg/l voor de lozing, zou het debiet 3.4 m³/h bedragen. De lozing van 5.000 m³ zou in het eerste geval zo'n 240 dagen in beslag nemen, in het tweede zo'n 70 dagen. In Figuur 6 zijn de twee geschetste verlopen geïllustreerd.



Figuur 6. Mogelijk verloop van de lozing van 5.000 m³ testwater op de rwzi A. Boven: bij 570 mg/l als maximale concentratie van de lozing; beneden: bij 2.000 mg/l als maximale concentratie.

4.3.2 Rwzi B

Rwzi

De rwzi B heeft de volgende karakteristieken:

- vuillast : 235.000 v.e.
- ontwerpbelasting : 281.000 v.e.
- totaal gemiddeld debiet : 45.800 m³/d
- DWA-debiet : 8.700 m³/h
- maximumdebiet : 1.500 m³/h

Het effluentgehalte aan chloride bedraagt jaargemiddeld 85 ± 9 mg/l. Er is geen feitelijke effluenteis.

Ontvangend oppervlaktewater

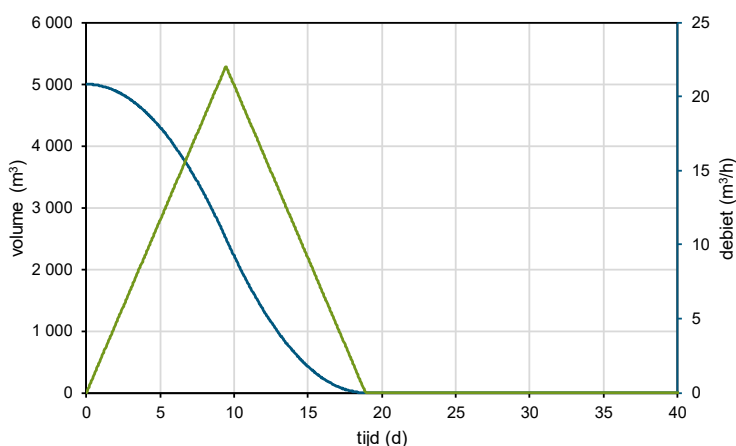
De rwzi B lost het effluent op de door getijden beïnvloede rivier. De zoutgehalten nabij het lozingspunt fluctueren sterk tussen circa 100 en 1.500 mg/l als gevolg van de getijdewerking. Het is onwaarschijnlijk dat het zoutgehalte in de lozing een bezwaar is voor de ecologie van het ontvangende oppervlaktewater.

Verwerking van testwater

Het kan worden aangenomen dat lozing van testwater via rwzi B geen problemen levert voor het ontvangende oppervlaktewater. Daarmee is het dus de rwzi B zelf die bepalend is voor de verwerkingscapaciteit.

De rwzi is groot, met een ontwerpgrootte van 281.000 v.e. en een werkelijke belasting van circa 235.000 v.e. Het gemiddelde debiet bedraagt 45.800 m³/d.

Aangezien direct op de rivier wordt geloosd, waar de zoutconcentraties aanzienlijk fluctueren, lijkt het redelijk om hoge concentraties toe te laten. Bij een toegestane zoutconcentratie van 2.000 mg/l voor de lozing, zou het debiet 22.6 m³/h bedragen. De lozing van 5.000 m³ zou zo'n 18 dagen in beslag nemen, zie Figuur 7.



Figuur 7. Mogelijk verloop van de lozing van 5.000 m³ testwater op de rwzi B.

Om technische redenen zou gekozen kunnen worden voor een lager maximaal debiet, en dan zou het lozen meer tijd in beslag nemen. In het voorbeeld van Figuur 7 bedraagt het maximale debiet bijvoorbeeld 20 m³/h, en dat zou bij aanvoer per as een aanzienlijke hoeveelheid transportbewegingen inhouden. Het aantal transportbewegingen van en naar een rwzi is dikwijls door vergunningen gelimiteerd.

Technisch is er –vanuit de rwzi gezien– kennelijk veel meer verwerkingscapaciteit dan er in de praktijk is. Het zijn dus andere randvoorwaarden aan de lozing dan de verwerkingscapaciteit van de biologie zelf, die de verwerkingscapaciteit bepalen.

4.3.3 Rwzi C

Rwzi

De rwzi C heeft de volgende karakteristieken:

■ vuillast : 90.700 v.e.

■ ontwerpbelasting	:	79.000 v.e.
■ totaal gemiddeld debiet	:	21.900 m ³ /d
■ maximumdebiet	:	4.500 m ³ /h

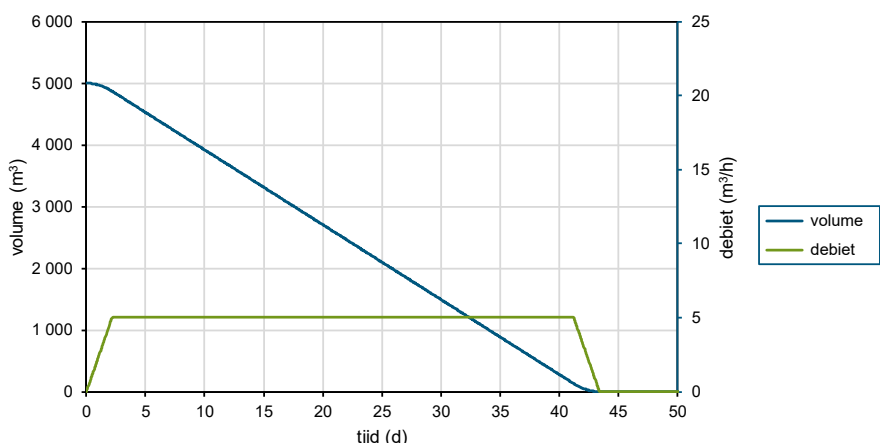
Ontvangend oppervlaktewater

De rwzi C lost het effluent op zoet oppervlaktewater, dat in verbinding staat met een zoetwatermeer en andere oppervlaktewateren. De zoutgehalten in deze wateren zijn niet bekend.

Verwerking van testwater

Bij de rwzi C is het niet de rwzi zelf die maatgevend is voor eventuele lozing, maar het ontvangende oppervlaktewater. Een grenswaarde waarbij geen schadelijke effecten zijn te verwachten (MTR) bedraagt 94 mg/l, en de grenswaarde waarvan bij overschrijding ernstige effecten verwacht kunnen worden bedraagt 570 mg/l.

De waarde van 94 mg/l is dermate laag, dat lozing van testwater onmogelijk kan worden geacht (de chloridegehalten van de rwzi C zijn 131 ± 41 mg/l, dus boven de norm voor de grenswaarde van 94 mg/l waarbij geen schadelijke effecten zijn te verwachten). Mocht de grenswaarde van 570 mg/l acceptabel worden geacht, dan zou het water in circa 43 dagen kunnen worden geloosd, zie Figuur 8.



Figuur 8. Mogelijk verloop van de lozing van 5.000 m³ testwater op de rwzi C, als 570 mg/l acceptabel is voor de lozing.

4.4 Algemene lessen

Uit de drie casussen wordt het volgende duidelijk:

- Als de rwzi lost op een van de grote rivieren, dan is het effect van de lozing op het ontvangende oppervlaktewater gering tot nihil. In dergelijke gevallen bepalen de grenswaarden aan het zoutgehalte in de rwzi hoeveel er geloosd kan worden. Daarnaast kunnen bijvoorbeeld grenzen aan het aantal transportbewegingen (in geval van aanvoer per as) een extra beperkende factor zijn voor de daadwerkelijke verwerkingscapaciteit.
- Als de rwzi lost op zoet oppervlaktewater én voor de lozing wordt een grenswaarde gehanteerd waarbij geen schadelijke effecten aan het ontvangende oppervlaktewater worden verwacht, kan het lozen van testwater zeer langdurig tot onmogelijk zijn.
- Bij een grenswaarde van de grenswaarde voor schadelijke effecten van 570 mg/l kan de lozing nog wel uit te voeren zijn.

5 Beslisboom

5.1 Elementen

■ Wat zijn de bezwaarlijke stoffen en hun concentraties in het testwater?

Concentraties van zout en mogelijke toxische stoffen dienen te worden vastgesteld. Er wordt hier vanuit gegaan dat de concentraties van giftige stoffen –afgezien van zout– niet van dien aard zijn dat het afvalwater na verdunning in de rwzi nog een toxische werking heeft.

■ Mag het testwater op het riool worden geloosd?

Het is voorstelbaar dat er –vanwege de corrosiviteit van zeer zout water– beperkingen zijn aan het transport door bijvoorbeeld betonnen leidingen. Als door dergelijke beperkingen het debiet naar het ontvangende riool toe gering wordt, is buffering zowel op de testlocatie als op de rwzi nodig. In dat geval verdient transport per as naar de behandlingslocatie de voorkeur.

■ Bevat het testwater significant concentraties radioactiviteit?

Bevindt zich substantiële radioactiviteit in de zwevende stof, dan dient het zwevende stof te worden gefiltreerd op de testlocatie. De operator van de locatie is dan belast met de verwijdering van het radioactieve afval.

■ Wordt voldaan aan de criteria voor de zoutwaterlozing op de rwzi zelf ?

In principe zijn er twee criteria:

- het maximale zoutgehalte; voorgesteld wordt een maximale waarde van 2.000 mg/l;
- de maximale wijziging van het zoutgehalte (zowel stijging als daling); voorgesteld wordt een maximale wijziging van 200 mg.l⁻¹.d⁻¹.

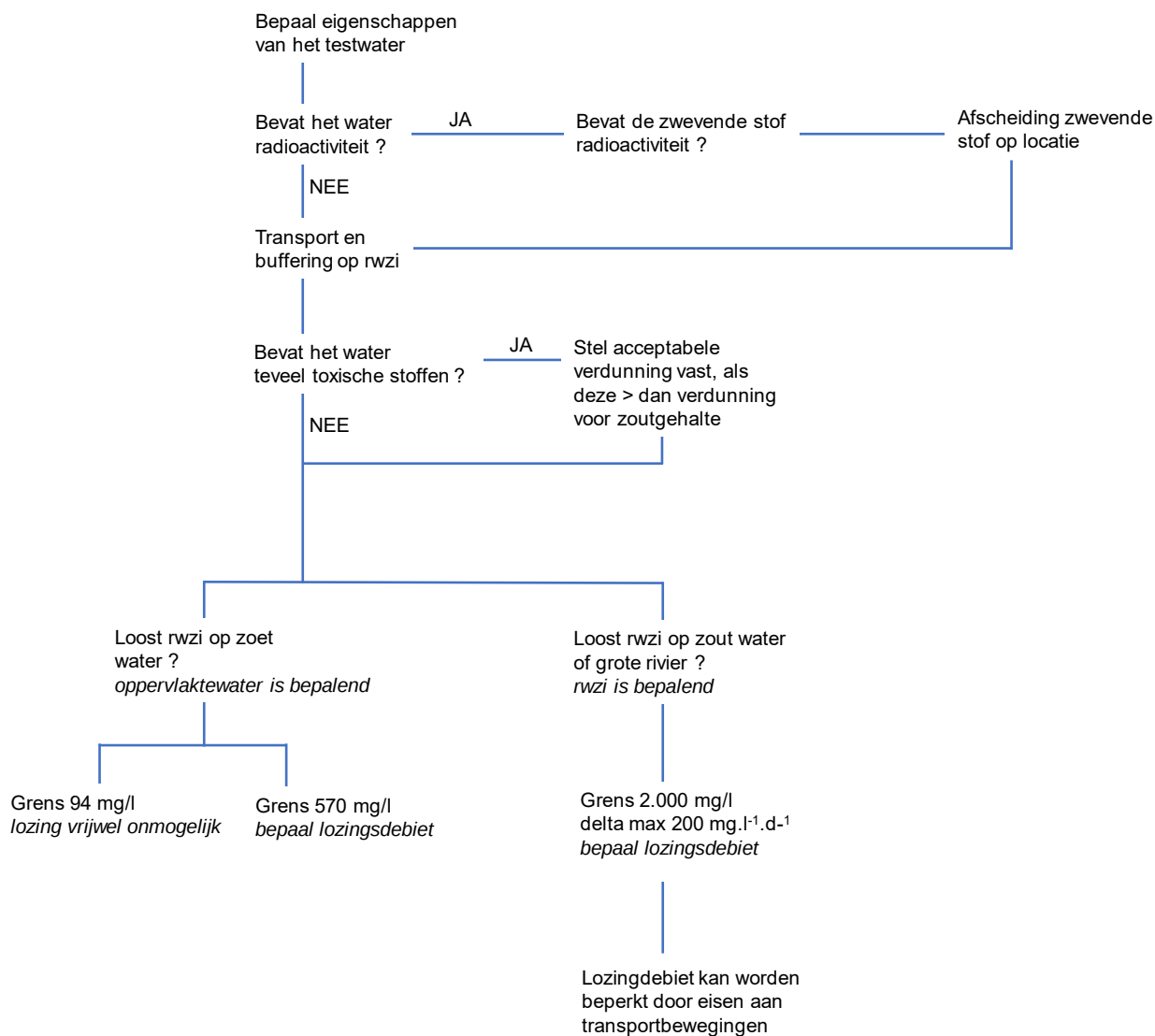
■ Kan worden voldaan aan de criteria voor de lozing van effluent door de rwzi ?

Er zijn twee criteria:

- een MTR waarde van 94 mg/l, waarbij geen schade aan zoetwatermilieus wordt verwacht;
- een waarde waarbij schadelijke effecten verwacht kunnen worden van 570 mg/l.

5.2 Beslisboom

In Figuur 9 wordt een beslisboom gegeven, waarin de boven beschreven elementen zijn opgenomen.



Figuur 9. Beslisboom.

6 Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden getrokken uit deze studie:

1. Mocht een rwzi lozen op min of meer gevoelig oppervlaktewater én wordt de MTR-norm voor zout gehanteerd, dan is behandeling van testwater zo goed als onmogelijk.
2. De grootte van de rwzi en de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater zijn bepalend voor het toelaatbare debiet van het testwater naar de rwzi.
 - de grootte van de rwzi bij lozing op zout water of grote rivieren;
 - de maximaal tolereerbare zoutconcentraties in het ontvangende oppervlaktewater bij lozing op zoet water.
3. Bij grote rwzi's kunnen andere beperkingen, zoals bijvoorbeeld het maximum toelaatbare aantal transportbewegingen, beperkend zijn voor de verwerking van testwater.
4. In zijn algemeenheid is het dus niet de verwerkingscapaciteit van de biologie van de rwzi die beperkend is voor de maximale verwerkingscapaciteit aan testwater, maar zijn het de voorwaarden die aan de lozing op oppervlaktewater worden gesteld of voorwaarden aan het transport van het testwater.
5. Radioactiviteit van het testwater dient altijd te worden onderzocht. Het kan leiden tot verhoogde radioactiviteit van slib. Berekeningen geven aan dat het risico gering mag worden geacht, maar niettemin is aandacht geboden.

Bijlage

Aspecten van de lozing van testwater

A1 Doelmatige verwerkbaarheid

Het onderstaande is vrijwel letterlijk ontleend aan de beleidsnotitie over dit onderwerp van Waterschap Aa en Maas⁴. Onder doelmatige verwerkbaar afvalwater wordt afvalwater verstaan dat aan de criteria voldoet zoals genoemd in Tabel 4. De toets op doelmatige verwerkbaarheid doorloopt successievelijk 2 stappen namelijk

- doelmatig verwerkbaar afvalwater van de lozer en
- verwerking influent rwzi.

Zuiveringstechnische werken zijn heden ten dage ontworpen en gedimensioneerd op oxidatieve afbraak (CZV-en N-Kj), bezinking (zwevende stof) en de verwijdering van N-totaal en P-totaal. De ingezette technieken op een rwzi zijn voornamelijk gebaseerd op bacteriële processen. Voor deze processen zijn de verhoudingen BZV / CZV / N / P kritisch. Voor de beoordeling of het afvalwater van een bepaalde lozer in het kader van doelmatige verwerking aanvaardbaar is wordt dit afvalwater primair getoetst aan de in Tabel 4 gegeven verhoudingsgetallen.

Tabel 4. Criteria voor de samenstelling van afvalwater dat de doelmatige werking van een rwzi niet bedreigt.

verhoudingsgetal	eenheid	doelmatige verwerkbaarheid geloosd afvalwater	doelmatige verwerkbaarheid influent rwzi
CZV / NTOT	–	> 7	> 10
BZV / NTOT	–	> 2,7	> 3,2
BZV / PTOT	–	> 10	> 12
NTOT / PTOT	–	> 4 en < 6	> 4 en < 6
CZV / BZV	–	< 5	< 5
N-Kj / NO ₃ -N	–	> 10	–
“dikheid”	l/i.e.	< 350	–
V _B / V _I *	-	–	< 0.05

* V_B = de vracht aan NO₃-N in het geloosde bedrijfsafvalwater (in kg/etmaal); V_I = 2 (mg NO₃-N/l) / 1000 x Q_{MAX} (m³/d), met Q_{MAX} is de maximale aanvoer.

Doelmatige verwerking influent rwzi

Indien uit de eerste toetsing op de doelmatige verwerkbaarheid van het afvalwater van de lozer blijkt dat het niet doelmatig verwerkbaar is, zal getoetst worden in hoeverre het influent van de rwzi onder invloed van het afvalwater van de lozer doelmatig verwerkbaar is. Zie de toetswaarden voor het influent in Tabel 4.

Verstorende factoren op doelmatige werking

De doelmatige werking van de zuiveringstechnische werken kan in het bijzonder door de volgende factoren worden verstoord. Deze factoren zijn hieronder genoemd en uitgewerkt.

- hydraulische belasting
 - o continue belasting
 - o discontinue belasting en tijdelijke lozingen
- kwantitatieve belasting met stoffen
 - o continue belasting
 - o discontinue belasting en pieklozingen
- effect op slib

- o kwaliteit
 - o kwantiteit
- overige versturende stoffen

Hydraulische belasting

Onder hydraulische belasting wordt verstaan: de hoeveelheid afvalwater die per tijdseenheid wordt aangeboden op de zuiveringstechnische werken. Naast het vergunningplichtige afvalwater wordt deze hoeveelheid bepaald door het aanbod aan stedelijk afvalwater, dat niet vergunningplichtig is. Een grote bijdrage in het geheel wordt geleverd door nauwelijks verontreinigd water. Dit water heeft een negatieve werking op het zuiveringsrendement van de rwzi. De negatieve effecten hebben met name betrekking op de volgende aspecten:

- verlaging van de activiteit van de bacteriële organismen;
- vermindering van de verblijftijd in de rwzi;
- bevordering van de groei van een minder gewenste bacteriepopulatie ten opzichte van de gewenste populaties;
- extra energievraag voor het verpompen en beluchten van het dunne water.

Continu belasting

Als gevolg van continu lozingen van grote hoeveelheden afvalwater kan het verwijderingsrendement zo ver terug lopen dat niet meer wordt voldaan aan lozingseisen. De te beantwoorden vraag voor de adviseur c.q. vergunningverlener is:

- Leidt continu hydraulische belasting van de lozer tot overschrijding van de voor de rwzi gestelde lozingseisen?

Discontinuu belasting en tijdelijke lozingen

Met betrekking tot de discontinuu belasting en tijdelijke lozingen richt deze nota zich in het bijzonder op de invloed van individuele bronneringen en grondwatersaneringen op de zuiveringstechnische werken. Grondwatersaneringen en bronneringen nemen een deel van de hydraulische capaciteit in beslag van zuiveringstechnische werken. Ze veroorzaken daarmee een wat minder zuiveringsrendement. Bij de hiervoor meest gevoelige installaties blijkt een toename op de droogweeraanvoer van 10% al voldoende om niet meer te voldoen aan vergunningsvoorwaarden voor het te lozen effluent. Hier is 10% dus een harde grens. De te beantwoorden vraag voor de adviseur c.q. vergunningverlener is:

Worden hydraulisch gezien de volgende grenzen overschreden:

- voor gemalen: een grens van 10% van de pompcapaciteit voor de individuele bronneringen en voor grondwatersaneringen 10% van de DWA?
- voor de rwzi: een grens van 10% van het theoretisch DWA voor alle gezamenlijke bronneringen en saneringen?

Kwantitatieve belasting met stoffen

Onder kwantitatieve belasting met stoffen wordt verstaan: het gehalte aan stoffen die aangeboden worden aan de rwzi en waarvoor deze is ontworpen. Het betreft CZV, BZV, onopgeloste bestanddelen, N-totaal en P-totaal.

Continue belasting

Zuiveringstechnische werken zijn ontworpen op basis van bepaalde belasting in CZV, BZV, onopgeloste bestanddelen, N-totaal en P-totaal. De te beantwoorden vraag voor de adviseur c.q. vergunningverlener is:

- Leidt de continue organische belasting met stoffen tot overschrijding van de voor de rwzi gestelde lozingseisen?

Discontinue belasting en pieklozingen

Als gevolg van tijdelijke lozingen en pieklozingen kan het voorkomen dat de ontwerpgrondslag van het zuiveringstechnisch werk voor een korte periode overschreden wordt waardoor een slechtere effluentkwaliteit ontstaat. De te beantwoorden vraag voor de adviseur c.q. vergunningverlener is: Leidt discontinue organische belasting tot overschrijding van de voor de rwzi gestelde lozingseisen?

Effect op slib

Zuiveringsslib wordt anno 2005 verwijderd door achtereenvolgens eventueel te vergisten, te ontwateren en te verbranden. Het verbranden van het slib geschiedt door een erkend verwerker.

Kwaliteit

Onder invloed van het aangeboden afvalwater op de rwzi kan het zuiveringsslib dat hierbij ontstaat zodanig van samenstelling worden dat het niet meer afzetbaar is onder normale condities zoals gesteld door de verwerker. Het gevolg hiervan is dat andere afzetwegen gehanteerd moeten worden welke hogere afzetkosten met zich meebrengen. De te beantwoorden vraag voor de adviseur c.q. vergunningverlener is:

- Voldoet de samenstelling van het totale slib van het betreffende zuiveringstechnische werk ten gevolge van de lozing aan de door de verwerker van het slib te stellen eisen?

Kwantiteit

Ook de hoeveelheid af te zetten slib heeft direct gevolg op de exploitatiekosten. Hoe meer af te zetten slib, hoe hoger de kosten. De te beantwoorden vraag voor de adviseur c.q. vergunningverlener is: Bevat het afvalwater van de lozer meer dan 35 gram per i.e. per dag?

Overige verstorende stoffen

Onder overige verstorende stoffen wordt verstaan: die stoffen die niet in de vorige paragrafen behandeld zijn en een negatief effect hebben op de doelmatige werking van het zuiveringstechnische werken dat wil zeggen op het transportsysteem en het systeem ter verwijdering van stoffen.

Het betreft onder andere de volgende stoffen:

- vluchtige (organische) componenten;
- detergenten en schuimvormende stoffen;
- (minerale) oliën en vetten;
- harsen;
- zand;
- vaste delen die leiden tot onder andere verstopping, vast slaan pompen en dicht slaan roosters;
- organische siliciumverbindingen;
- chemicaliën zoals antibiotica en medicijnen, ontsmettingsmiddelen e.d..

De zuiveringstechnische werken anno 2005 berusten voor een aanzienlijk deel van hun werking op bacteriële afbraakprocessen. Verstoring van deze processen doet direct schade aan de werking. Dit is reden voor een toets of nadere voorschriften moeten worden gesteld. De te beantwoorden vraag voor de adviseur c.q. vergunningverlener is:

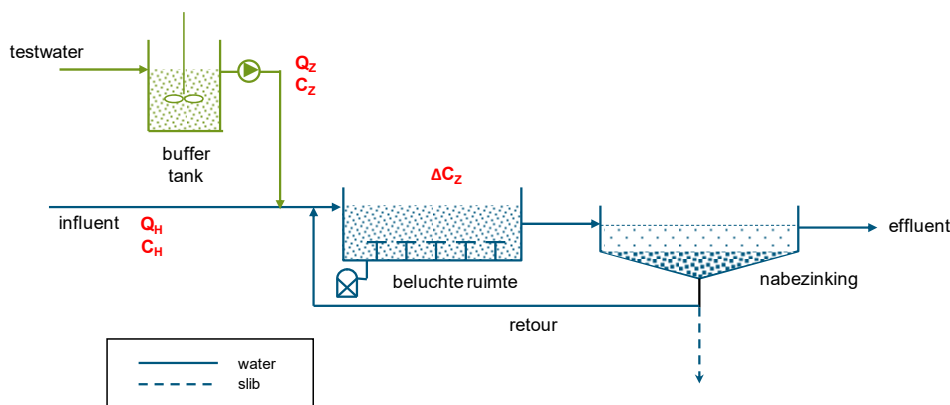
- Is het noodzakelijk om voor deze verstorende stoffen nadere voorschriften te stellen in de vergunning ter bescherming van de zuiveringstechnische werken?

Toelichting: voor zover de verstoring wordt veroorzaakt door toxische effecten, geldt dat het te lozen afvalwater in een toxiciteitstest geen aantoonbare remming mag geven van bacteriële afbraakprocessen (remming < 10% in bijvoorbeeld respiratiemeting, nitrificatieremmingstest, P-opnametest).

A2 Berekeningen

A2.1 Zoutgehalte en variatie erin

Bij de dosering van testwater spelen twee belangrijke criteria ten aanzien van het zoute water een rol: de maximaal toelaatbare zoutconcentratie C_{MAX} en de maximale toe- of afname van de zoutconcentratie ΔC_{MAX} . Zie Figuur 10.



Figuur 10. Schema van lozing van testwater op een rwzi.

De maximale dosering van het testwater kan als volgt worden berekend:

$$C_{MAX} = \frac{Q_Z * C_Z + Q_H * C_H}{Q_Z + Q_H}$$

met C_{MAX} is de maximaal toelaatbare zoutconcentratie (mg/l), Q_Z is de stroom zout water (m^3/h), Q_H is de stroom huishoudelijk afvalwater (m^3/h), C_Z is de concentratie van het zoute water (mg/l), en C_H is de zoutconcentratie in huishoudelijk afvalwater (mg/l).

Hieruit volgt:

$$Q_Z = Q_H * \frac{C_{MAX} - C_H}{C_Z - C_{MAX}}$$

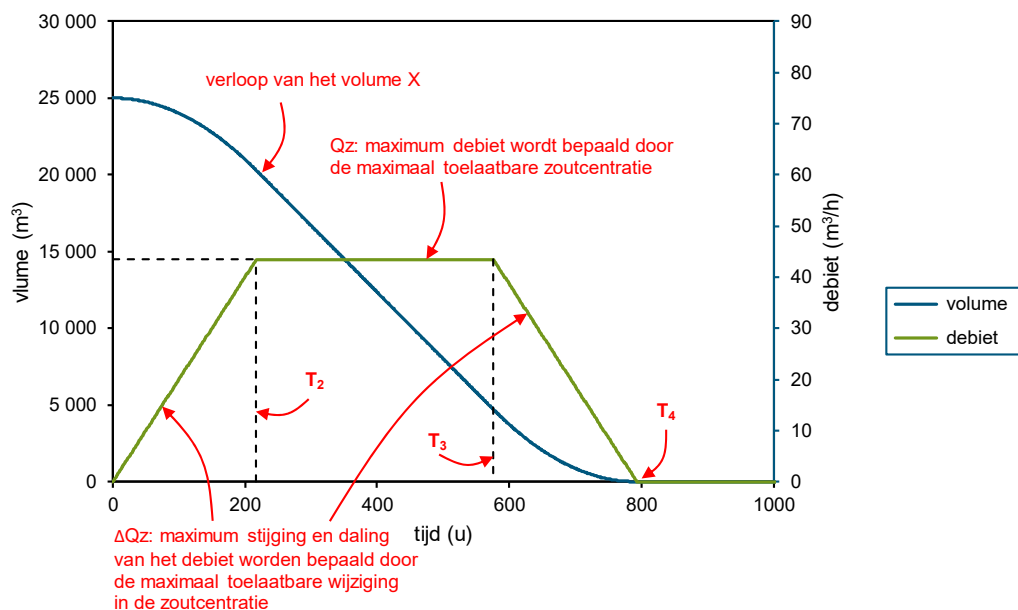
De maximaal toelaatbare toename in de dosering bedraagt:

$$\Delta C_{MAX} = \frac{\Delta Q_Z * C_Z + \Delta Q_H * C_H}{Q_Z + Q_H}$$

Met ΔQ_H , de toename in de stroom huishoudelijk afvalwater, is nul, kan nu de maximale toename ΔQ_Z worden berekend:

$$\Delta Q_Z = \frac{\Delta C_{MAX} * (Q_Z + Q_H)}{C_Z}$$

Er dient er bij de dosering rekening mee te worden gehouden dat deze ook langzaam afgebouwd dient te worden. De dosering dient er dan in principe als volgt uit te zien, zie Figuur 11.



Figuur 11. Lozing van testwater op een rwzi. Het verloop van het volume (blauw) en debiet (groen) zijn weergegeven.

De integraal van de dosering over de tijd –het oppervlak onder de curve– is uiteindelijk het totale volume X van de hoeveelheid te lozen testwater. Het oppervlak onder de curve bedraagt:

$$X = \frac{1}{2} * (T_2 - T_1) * Q_Z + (T_3 - T_2) * Q_Z + \frac{1}{2} * (T_4 - T_3) * Q_Z$$

Nu is

$$(T_2 - T_1) = (T_4 - T_3) = \frac{Q_Z}{\Delta Q_Z}$$

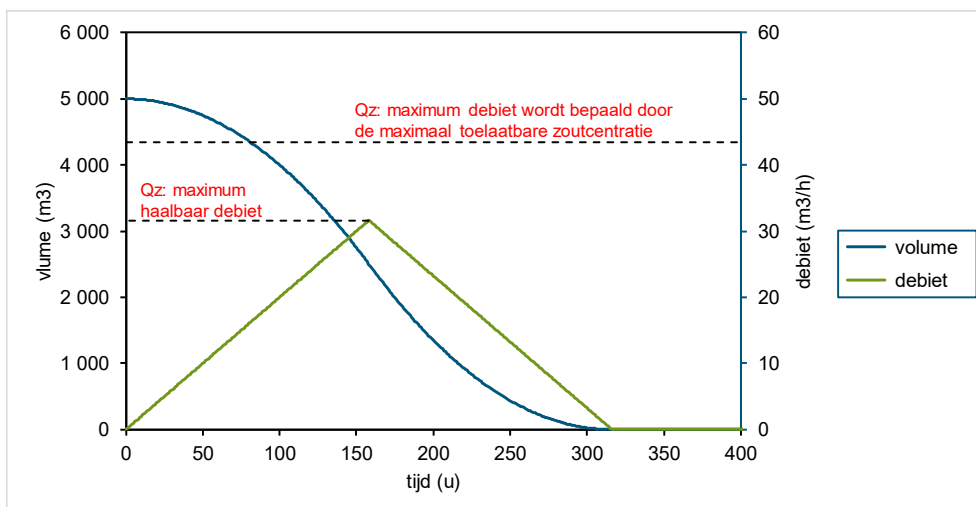
Het oppervlak onder de curve bedraagt dus:

$$X = \frac{Q_Z^2}{\Delta Q_Z} + (T_3 - T_2) * Q_Z$$

en daaruit volgt:

$$(T_3 - T_2) = \frac{X}{Q_Z} - \frac{Q_Z}{\Delta Q_Z}$$

Hier kan uitkomen dat $T_3 - T_2$ negatief is. Dat betekent dat het debiet Q_Z niet wordt bereikt, zie Figuur 12.



Figuur 12. Verloop van debiet en lozing van testwater als het maximum debiet niet wordt bereikt.

In dat geval is de berekening makkelijker:

$$X = \frac{Q_{ZMAX}^2}{\Delta Q_Z}$$

en dus

$$Q_{ZMAX} = \sqrt{X * \Delta Q_Z}$$

waarmee de tijd ook vastligt.

Het verloop van het debiet en van de hoeveelheid verwerkt zout water kan nu worden uitgevoerd.

A2.2 En als het begint te regenen ...?

De bovenstaande berekeningen zijn gebaseerd op de gemiddelde droogweeraanvoer. Als het nu begint te regenen, kan de toevoer van huishoudelijk afvalwater met een factor 3 tot 5 stijgen. Dit betekent dat, om het zoutgehalte zoveel mogelijk in de buurt van het gewenste zoutgehalte te houden, het debiet van de aanvoer van zout water gekoppeld dient te zijn aan de aanvoer van huishoudelijk afvalwater. Het debiet van het zoute water dient dus gestuurd te worden op het debiet van het binnenkomende huishoudelijk afvalwater. Dit impliceert dat er met name als het zoutgehalte in de buurt van het maximaal tolereerbare zoutgehalte is, enige reserve in de hoeveelheid zout water dient te zijn om het zoutgehalte niet te sterk te doen dalen. Een handig algoritme zou hierbij welkom zijn. Vooralsnog is nog niet getracht dit op te stellen. Het betekent in ieder geval dat de aanvoercapaciteit van het testwater een zeer wijde *range* dient te hebben.