

MEMORANDUM

Naar: Nedmag, Frisia Zout, Nouryon

Onderwerp: Onderzoek alternatieven voor diesel als afdekmedium
Evaluatie op basis van generieke functionele eisen en VGM-stofeigenschappen

Schrijver: [REDACTED]

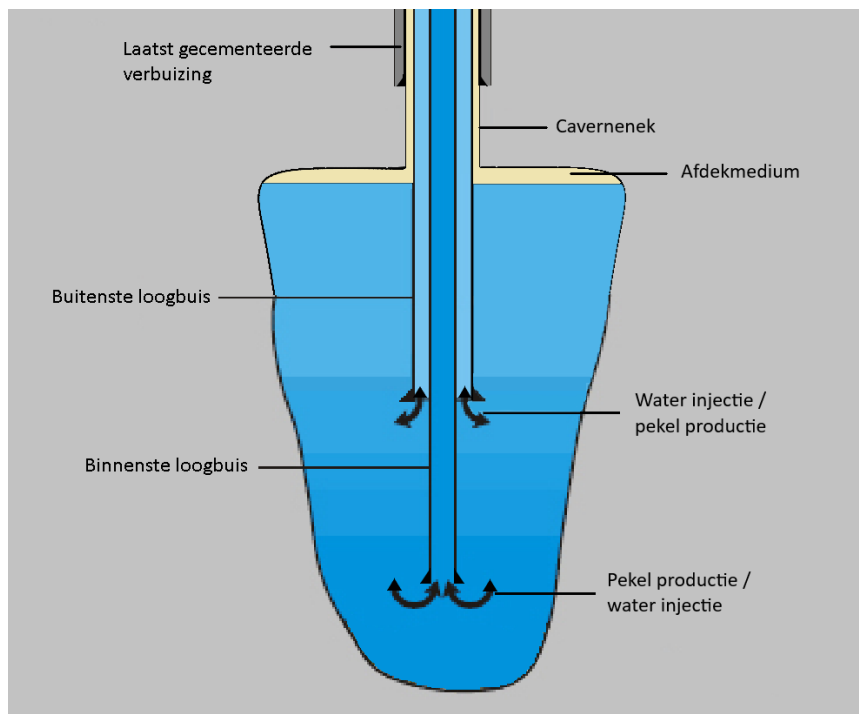
Datum: 29 mei 2019

Review: [REDACTED]

Goedgekeurd: [REDACTED]

1 Introductie

Afdekvloeistoffen of -gassen worden gebruikt in de zoutoplosmijnbouw om de vorm van de cavernes te beheersen, verticale oplossing te vertragen en het cavernedak te beschermen tegen oplossing. Een afdekmedium moet inert zijn ten opzichte van het zout en heeft een lagere dichtheid dan het geïnjecteerde water en de gevormde pekels. Door het afdekmedium in de caveerne te pompen ontstaat er een afzonderlijke laag bovenop de pekels in de caveerne ter bescherming van het cavernedak (Figuur 1).



Figuur 1 Schematische tekening afdekmedium in verbuizingsannulus, cavernenek en cavernedak in een zoutlaag.

Diesel is het meest gebruikte afdekmedium in de zoutoplosmijnbouw vanwege de gunstige fysische eigenschappen waardoor het als inert afdekvloeistof kan fungeren. Een nadelig effect van het gebruik van diesel zijn de Veiligheid, Gezondheid en Milieu (VGM)-gevaars, door de toxiciteit voor zowel mensen als het milieu en de brandbaarheid. Om deze reden hebben de Nederlandse zoutmijnbouwbedrijven afgesproken om een onderzoek uit te voeren naar alternatieve afdekmedia. In overleg met SodM is er besloten om dit onderzoek zoveel mogelijk industriebreed te verrichten. Dit onderzoek zal voldoen aan de volgende vereisten van SodM (brief 'Onderzoek naar alternatieven van diesel als 'blanket oil' bij zoutmijnbouw', 14 februari 2019):

1. onderzoek een zo breed mogelijk scala aan serieuze alternatieven en beperk dit niet uitsluitend tot stikstof;
2. neem zowel de milieu- en gezondheidseigenschappen als veiligheidsaspecten mee in de afweging;
3. zorg dat de alternatieven voldoen aan de REACH regelgeving.

Dit memorandum beschrijft het eerste deel van het onderzoek naar alternatieven voor diesel als afdekmedium. Er zal een lijst van alternatieven worden opgesteld die voldoen aan de generieke functionele eisen van een afdekmedium. Deze lijst van mogelijke alternatieven zal worden vergeleken met diesel met betrekking tot de VGM-stofeigenschappen zoals vermeld op de veiligheidsinformatiebladen. Uit deze evaluatie zal een shortlist worden bepaald van alternatieven met een lager VGM-gevaar. Aangezien ieder zoutmijnbouwbedrijf specifieke criteria heeft met betrekking tot het gebruik van een afdekmedium zal dit onderzoek als basis dienen voor een vervolganalyse die bedrijfsspecifieke criteria en operationele risico's bij het gebruik van de alternatieven evalueert.

2 Criteria voor afdekmedia

Om een breed scala van alternatieven te kunnen selecteren zijn de generieke functionele eisen voor een afdekmedium hieronder uiteengezet.

1. Dichtheid

De dichtheid van een afdekmedium moet lager zijn dan die van het geïnjecteerde water en als gevolg de cavernepemel. Alleen als het afdekmedium op de cavernevloeistof drijft kan het cavernedak worden beschermd tegen oplossing.

2. Oplosbaarheid

De oplosbaarheid van het afdekmedium in water en cavernepemel moet zo laag mogelijk zijn. Oplosbaarheid zorgt voor verlies van het afdekmedium, ook zorgt oplosbaarheid ervoor dat de stof uiteindelijk in de geproduceerde pemel terecht komt wat gevolgen kan hebben voor het productieproces en toepassing van het geproduceerde zout. Ook moet het afdekmedium inert zijn ten opzichte van de zoutgesteentes om ongewenste oplossing van het cavernedak te voorkomen.

3. Stabiliteit

Lange termijn stabiliteit is vereist gedurende de lange levensduur van de put. Gebrek aan chemische stabiliteit, door degradatie onder hoge temperatuur, druk of door micro-organismen in de put of caverne, zal voor verlies van het afdekmedium zorgen. Biodegradatie kan zorgen voor ongewenste afbraakproducten in de cavernepemel en de vorming van sludge. Ook moet de fase van een afdekmedium niet veranderen bij variaties in druk en temperatuur in de put en caverne.

4. Gebruik

- a. Een vereiste is het goed en veilig kunnen gebruiken van een afdekmedium. Bijvoorbeeld de viscositeit van een afdekmedium moet laag genoeg zijn om het goed te kunnen verpompen en het medium moet mobiel genoeg zijn om de afdekinterface te kunnen manipuleren om de cavernontwikkeling te controleren.
- b. Verder mag een afdekmedium geen corrosie veroorzaken aan de stalen verbuizingen omdat dit de integriteit van de put negatief kan beïnvloeden.
- c. Om controle te behouden over de cavernontwikkeling is het van belang om de diepte van de interface tussen het afdekmedium en de caverne pemel te kunnen bepalen met beschikbare meettechnieken. Voor dieptebepaling van diesel wordt gebruik gemaakt van wirelinemetingen of continue metingen door middel van een BCS (blanket control system), echter is het hiervoor van belang dat er een duidelijk te meten onderscheid is tussen het afdekmedium en de cavernepemel.

3 Selectie van mogelijke afdekmediumalternatieven

Zowel bestaande afdekmedia in de zoutoplosmijnbouwindustrie als een breed scala aan andere stoffen in verschillende chemische groepen zijn geëvalueerd op de vier beschreven generieke functionele eisen voor een afdekmedium. Uit deze evaluatie is een lijst opgesteld voor producten die aan deze functionele eisen voldoen. De geëvalueerde groepen zijn: gassen, hernieuwbare koolwaterstoffen, aardolie- en aardgasproducten, plantaardige oliën, esters, glycolen, ethers en alcoholen. Vaste media zijn niet meegenomen in dit onderzoek aangezien ze niet aan de functionele eis van gebruik voldoen (bijv. niet verpompbaar). Slurries en emulsies zijn ook niet meegenomen omdat deze op de lange termijn niet stabiel zullen zijn. De volledige lijst met onderzochte stoffen is te vinden in Appendix I. De ongeschikte stoffen worden behandeld in sectie 3.1, de mogelijk geschikte stoffen in sectie 3.2.

3.1 Stoffen die niet voldoen aan de generieke functionele eisen van een afdekmedium

Van de geëvalueerde stoffen voldoet een groot deel niet aan de generieke functionele eisen van een afdekmedium (zie Tabel 1). Gassen zoals lucht (zonder toepassing van dehydratie) en koolstofdioxide zullen in contact met water of pekels in de caverne corrosie (ref. 1) veroorzaken aan de stalen verbuizingen waardoor zij niet voldoen aan de functionele eis van gebruik. Ook voldoet koolstofdioxide niet aan de functionele eis van oplosbaarheid aanzien de aanzienlijke oplosbaarheid in water. Binnen de groep esters vallen esters met korte koolstofketens af vanwege de hoge oplosbaarheid in water en laag kookpunt. Esters met lange koolstofketens zoals vetzuuresters biodiesel (FAME) en Radiagreen BDMF (FAE) hebben hygroscopische eigenschappen (aantrekking van water uit de omgeving). Vanwege de hygroscopische eigenschap zijn vetzuuresters vatbaar voor biodegradatie (ref. 2). Ook bestaat bij gebruik van biodiesel de kans op microbiologisch beïnvloede corrosie van staal (ref. 3). Plantaardige oliën zijn natuurlijke stoffen en zijn daardoor ook grotendeels biologisch afbreekbaar (ref. 4). Om deze redenen voldoen esters met lange koolstofketens en plantaardige oliën niet aan de functionele eis van stabiliteit. Het gebruik van biocides verlaagt biodegradatie, echter de effectiviteit kan niet worden gegarandeerd voor alle microbiologische culturen en de duur van bescherming varieert van enkele uren tot maanden (ref. 5). Daarom voldoen plantaardige oliën en vetzuuresters met biocide, vanwege de beperkte halfwaardetijd van biocides, niet aan de functionele eis van stabiliteit. Ook introduceert het gebruik van biocides ongewenste VGM-gevaren. De chemische groepen van glycolen, ethers, alcoholen voldoen niet aan de functionele eis van oplosbaarheid. Ook hebben glycolen een hoge dichtheid en het vermogen om zout op te lossen (ref. 6).

Tabel 1 Geëvalueerde stoffen die niet aan de functionele eis(en) van een afdekmedium voldoen. Rood geeft aan dat de stof niet aan de specifieke eis voldoet, oranje geeft aan dat het voldoen aan de eis afhankelijk is van het caverne systeem, groen geeft aan dat de stof naar verwachting voldoet aan de specifieke eis.

Categorie	Stof	Dichtheid	Oplosbaarheid	Stabiliteit	Gebruik
Gassen	Lucht		Enige oplosbaarheid in water		Corrosie van staal in contact met water
	Koolstofdioxide		Hoge oplosbaarheid in water		Corrosie van staal in contact met water
Esters	Methyl methanoaat		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C*	
	Methyl acetaat		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C*	
	Methyl propanoaat		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C*	
	Propyl propanoaat		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C*	
	Biodiesel (FAME)			Biologisch afbreekbaar	Kans op corrosie van staal
	Radiagreen BDMF (FAE)			Biologisch afbreekbaar	Kans op corrosie van staal onbekend
Plantaardige oliën	Castorolie			Biologisch afbreekbaar	
	Kokosnootolie			Biologisch afbreekbaar	Vriespunt > -10°C
	Maisolie			Biologisch afbreekbaar	
	Lijnzaadolie			Biologisch afbreekbaar	
	Olijvenolie			Biologisch afbreekbaar	Vriespunt > -10°C
	Palmolie			Biologisch afbreekbaar	Vriespunt > -10°C
	Pindaolie			Biologisch afbreekbaar	Vriespunt > -10°C
	Sojaolie			Biologisch afbreekbaar	
	Zonnebloemolie			Biologisch afbreekbaar	
	Koolzaadolie			Biologisch afbreekbaar	
Glycolen	Mono ethyleen glycol	Dichtheid >1 kg/l	Oplosbaar in water, kan zout oplossen		
	Tri-ethyleen glycol	Dichtheid >1 kg/l	Oplosbaar in water, kan zout oplossen		Vriespunt > -10°C
	Propyleen glycol	Dichtheid >1 kg/l	Oplosbaar in water, kan zout oplossen		
	Hexyleen glycol		Oplosbaar in water, kan zout oplossen		
Ethers	Methoxyethaan		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C*	
	Methoxypropan		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C*	
	Di-ethyl ether		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C*	
	Propoxypropan		Oplosbaar in water		
Alcoholen	n-Methanol		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C*	
	n-Ethanol		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C*	
	n-Propanol		Oplosbaar in water		
	n-Butanol		Oplosbaar in water		
	n-Pentanol		Oplosbaar in water		
	n-Decanol		Oplosbaar in water		Vriespunt > -10°C

*De temperatuur in zoutcavernes is afhankelijk van de diepte; kookpunten zullen niet in alle cavernes overschreden worden.

3.2 Afdekmediumalternatieven die aan de generieke functionele eisen voldoen

In deze sectie worden de productcategorieën met mogelijke alternatieven beschreven die aan de generieke functionele eisen voldoen.

Gassen

Categorie	Stof	Dichtheid	Oplosbaarheid	Stabiliteit	Gebruik
Gassen	Stikstof		Enige oplosbaarheid in water		
	Aardgas		Enige oplosbaarheid in water		
	Droge lucht		Enige oplosbaarheid in water		Lage corrosiesnelheid

De dichtheid van gassen is een orde grootte kleiner dan vloeistoffen waardoor gassen altijd voldoen aan een functionele eis van een dichtheid lager dan die van water en cavernepel. Gassen zijn beperkt oplosbaar in water (ref. 7) en pekkel, maar de oplosbaarheid neemt toe met de cavernedruk (ref. 8). Zowel stikstof, aardgas als droge lucht zijn toegepast in de zoutoplosmijnbouwindustrie. Stikstof en aardgas zijn alternatieven die inert zijn ten opzichte van staal en de zoutgesteentes. Droge lucht is toegepast als blanket met minimale corrosie op de stalen verbuizingen (ref. 9), echter is het risico op corrosie afhankelijk van de duur van gebruik, luchtvochtigheid, pekkelconcentratie en cavenediepte en is daarom operator specifiek. De biodegradatie van de hierboven beschreven gassen wordt minimaal geacht vanwege hun toepassing in de zoutoplosmijnbouwindustrie. Hoewel gassen hanteerbaar zijn zal het verpompen van gas een gespecialiseerde gasdichte pompinstallatie en put(hoofd)ontwerp vereisen. Door de grote verschillen tussen gassen en water en cavernepel zijn deze stoffen goed meetbaar. Om deze redenen voldoen de bovenstaande gassen aan de generieke functionele eisen.

Hernieuwbare koolwaterstoffen

Categorie	Stof	Dichtheid	Oplosbaarheid	Stabiliteit	Gebruik
Hernieuwbare koolwaterstoffen (HVO)	Blauwe diesel			Kans op biodegradatie onbekend	
	Biolife Berylane			Kans op biodegradatie onbekend	

Hernieuwbare koolwaterstoffen, ook wel hydrotreated vegetable oil (HVO) genoemd, worden geproduceerd uit plantaardige oliën door behandeling met waterstof onder hoge druk en temperatuur. Dit proces verwijdert de aanwezige zuurstof en verlaagt de concentratie van onzuiverheden van stikstof, zwavel en chlorides. De hernieuwbare koolwaterstoffen hebben door het verwijderen van zuurstof en onzuiverheden geen hygroscopische eigenschappen zoals biodiesel en zijn naar verwachting minder vatbaar voor de biodegradatie en als gevolg microbiologisch beïnvloede corrosie van staal. Er bestaan meerdere hernieuwbare koolwaterstof producten, blauwe diesel en Biolife Berylane zijn voorbeelden van deze producten. De meetbaarheid is naar verwachting vergelijkbaar met die van diesel. Om deze redenen voldoen hernieuwbare koolwaterstoffen aan de generieke functionele eisen voor een afdekmedium, echter de kans op biodegradatie onder omstandigheden in de put en cavernes is onbekend.

Aardolie- en aardgasproducten

Categorie	Stof	Dichtheid	Oplosbaarheid	Stabiliteit	Gebruik
Aardolie- en aardgasproducten	Ruwe aardolie				
	Diesel				
	Benzine			Kans op biodegradatie onbekend	
	Kerosine			Kans op biodegradatie gering	
	Liquefied petroleum gas (LPG)		Enige oplosbaarheid in water	Faseovergang mogelijk*	
	Mineraal oliën			Kans op biodegradatie onbekend	
	Gas to liquid (GTL)			Kans op biodegradatie gering	

*Faseovergang tussen 5 en 40 bar, afhankelijk van temperatuur en verhouding tussen propaan en butaan en daarom operatorspecifiek.

Onder aardolie- en aardgasproducten vallen ruwe aardolie, diesel, benzine, kerosine, liquefied petroleum gas (LPG), minerale oliën en gas to liquid (GTL). LPG bestaat uit een mengsel van propaan- en butaangas dat onder druk als een vloeistof wordt opgeslagen. De fase van LPG is afhankelijk van de druk in zoutcavernes, echter zal zich de meeste gevallen in vloeistoffase bevinden. De kans op biodegradatie voor LPG wordt minimaal geacht aangezien de stof als afdekmedium in de zoutoplosmijnbouwindustrie is gebruikt. Minerale olieproducten zijn geraffineerde destillaten met variërende koolwaterstof ketenlengte en hebben een sterk gereduceerde concentratie van aromatische- en zwavelhoudende verbindingen. Voorbeelden van minerale oliën zijn onder andere basisoliën voor boorvloeistoffen zoals Surdyne, EDC en Exsol. GTL is een groep van

vloeibare koolwaterstofproducten gemaakt uit aardgas door middel van het Fischer Tropsch, Mobil of syngas tot brandstof proces. Ook GTL bevat vrijwel geen toxische componenten. Door de sterk gereduceerde concentratie van verontreinigingen in minerale oliën en GTL hebben deze stoffen verlaagde hygroscopische eigenschappen ten opzichte van de andere aardolieproducten, wat naar verwachting de kans op biodegradatie in zoutputten- en cavernes doet verlagen. Ruwe olie, diesel en LPG worden als afdekmedia in zoutputten en cavernes gebruikt, daarom wordt de kans op biodegradatie voor deze producten minimaal geacht. Naar het gedrag van kerosine en GTL in omstandigheden van de put en caveerne heeft Nouryon beperkt onderzoek gedaan, hieruit lijkt de kans op biodegradatie gering. De meetbaarheid voor de hierboven beschreven stoffen is naar verwachting vergelijkbaar met die van diesel. Om deze redenen voldoen de aardolie- en aardgasproducten in deze categorie aan de generieke functionele eisen voor een afdekmedium.

Tabel 2 geeft een overzicht van de geëvalueerde stoffen die naar verwachting aan de generieke functionele eisen van een afdekmedium voldoen. Aangezien deze stoffen verschillen in VGM-stofeigenschappen zullen in hoofdstuk 4 de productspecifieke gevaren voor zowel veiligheid, gezondheid als milieu worden geëvalueerd en vergeleken met diesel.

Tabel 2 Producten die aan de generieke functionele eisen van een afdekmedium voldoen

Categorie	Geëvalueerde stof/product
Gassen	Stikstof, aardgas, droge lucht
Hernieuwbare koolwaterstoffen (HVO)	Blauwe diesel, Biolife Berylane
Aardolie- en aardgasproducten	Ruwe aardolie, diesel, benzine, kerosine, LPG, minerale oliën, gas to liquid (GTL)

4 VGM-stofeigenschappen van afdekmediumalternatieven

Om de productspecifieke VGM-eigenschappen van de verschillende stoffen te evalueren is gebruik gemaakt van de gevarenaanduidingen zoals vermeld op de veiligheidsinformatiebladen en de European Chemical Agency (ECHA)-database. VGM-gevarenaanduidingen zijn aangegeven via H-zinnen volgens de Classification, Labelling and Packaging (CLP)-verordening. Veiligheidsgevaren vallen onder H2XX codes, gezondheidsgevaren onder H3XX en milieugevaren onder H4XX (zie Appendix II voor een overzicht van de gevarenaanduidingen per stof/product). De gevaren zoals vermeld in de veiligheidsinformatiebladen zijn productspecifiek en niet direct gerelateerd aan de toepassing in de zoutoplosmijnbouw. Merendeel van de geïdentificeerde stoffen zijn REACH-geregistreerd (behalve stikstof, aardgas en lucht, deze stoffen zijn vrijgesteld van de verplichting tot registratie), echter zijn ze qua gebruik niet geregistreerd als mijnbouwhulpstof voor de zoutoplosmijnbouw.

Gassen: Stikstof, aardgas en droge lucht

In de praktijk hebben stikstof en aardgas en lucht bij gebruik en opslag onder compressie gevaren door explosieve uitstroom onder hoge druk. Stikstof en aardgas hebben hierbij ook het gevaar van blootstelling aan extreem lage temperatuur (bij opslag in vloeibare fase) met kans op cryogene brandwonden of letsel. De veiligheidsbladen van stikstof en aardgas beschrijven het gevaar van snelle verstikking bij uitstroom en verdringing van zuurstof in besloten ruimten. In tegenstelling tot stikstof en lucht is aardgas zeer licht ontvlambaar met als gevolg gevaar voor brand en explosie. De veiligheidsbladen van de bovenstaande gassen beschrijven geen gevaren voor milieu.

Hernieuwbare koolwaterstoffen

Hernieuwbare koolwaterstoffen zoals bijvoorbeeld blauwe diesel en Biolife Berylane zijn geproduceerd uit plantaardige oliën en hebben daarom lage VGM-gevaren. De gevaren met betrekking tot veiligheid verschillen per product. Blauwe diesel heeft een vlammpunt hoger dan 61 °C (ontvlambare vloeistof, gevarencategorie 3), Biolife Berylane wordt niet gecategoriseerd als een brandbare vloeistof vanwege een vlammpunt hoger dan 105 °C. De producten hebben een laag gevaar voor gezondheid, echter kunnen dodelijk zijn als de stof in de luchtwegen terecht komt. Dit gevaar is verbonden met de viscositeit van de vloeistof. Er zijn geen milieugevaren voor deze producten vermeld.

Aardolie- en aardgasproducten: Ruwe aardolie, diesel, benzine, kerosine (laag zwavelgehalte), LPG, minerale olie en GTL

Ruwe aardolie, diesel, benzine, kerosine en LPG hebben verschillende veiligheidsgevaaren. Ruwe aardolie, benzine en LPG zijn erg brandbaar (vlampunt onder de 23 °C) en hebben daarom een heel groot gevaar voor veiligheid. Diesel en kerosine hebben een vlampunt tussen de 23 °C en 60 °C. Hoewel kerosine en diesel binnen dezelfde brandbaarheidscategorie vallen heeft kerosine een lager vlampunt wat het gevaar voor veiligheid verhoogt.

Ruwe aardolie, benzine, diesel en LPG hebben een groot of heel groot gevaar voor gezondheid door kankerverwekkende en mutagene eigenschappen. Hoewel de basisstoffen van LPG (propaan- en butaangas) geen grote gezondheidsgevaaren hebben kan de stof een gevaar hebben voor gezondheid door mogelijke lage concentraties van 1,3-butadien, benzeen, waterstofsulfide en koolstofmonoxide afkomstig van het productieproces. Het veiligheidsinformatieblad van kerosine vermeldt een lager gevaar voor gezondheid in vergelijking met de bovenstaande alternatieven zonder gevarenaanduidingen voor kankerverwekkende of mutagene eigenschappen.

Zowel ruwe aardolie, diesel, benzine als kerosine bevatten een groot gevaar voor het milieu door het chronische gevaar voor aquatisch milieu. Voor LPG staan er geen gevaren beschreven voor aquatisch milieu (LPG zal verdampen onder standaard condities) echter is de toxiciteit van LPG in de ondergrond naar verwachting, bij aanwezigheid van toxische bijproducten, vergelijkbaar met de hierboven beschreven aardolieproducten.

Door de zuivering en behandeling bevatten minerale oliën een sterk gereduceerde concentratie van toxische aromatische- en zwavelhoudende verbindingen (minder dan 25 tot 150 ppm aan aromaten afhankelijk per product). Ook GTL heeft door het productieproces uit aardgas vergelijkbaar lage toxiciteit. Het vlampunt van GTL is afhankelijk per stof, GTL-brandstof heeft een vlampunt hoger dan 75 °C, maar een GTL-solvent zoals Risella X 415 heeft een vlampunt hoger dan 200 °C waardoor het niet wordt gecategoriseerd als een brandbare vloeistof. Door de lage toxiciteit en hoge vlampunten hebben minerale oliën en GTL geen VGM-gevaaraanduidingen, behalve de kans op verstikking wanneer de stof in de luchtwegen terecht komt.

5 Evaluatie van VGM-stofeigenschappen

De gevareneigenschappen van de geëvalueerde stoffen zijn geclassificeerd volgens Tabel 7 (zie Appendix III), gebaseerd op het GHS-kolommodel 2017 van het Duitse IFA (ref. 10). De matrix rangschikt de verschillende type gevarenaanduidingen (H-zinnen) voor veiligheid, gezondheid en milieu van 0 (verwaarloosbaar gevaar) tot 4 (zeer groot gevaar). De gevarencategorie voor gezondheid is onderverdeeld tussen acute gevaren, waarbij verschijnselen bij eenmalige blootstelling snel merkbaar zijn, en chronische gevaren, waarbij uitwerking openbaart bij langdurige of herhaaldelijke blootstelling. Deze evaluatie is op basis van stofeigenschappen, een vervolganalyse zal moeten worden uitgevoerd die de operationele risico's evalueert bij het gebruik van mogelijke afdekmediumalternatieven met lager VGM-gevaar.

Van de stoffen die aan de generieke functionele eisen van een afdekmedium voldoen zijn de VGM-gevaaranduidingen gerangschikt naarmate van gevaar, Tabel 3 geeft het overzicht van de VGM-gevaarclassificatie. De gevarenclassificatie is vergeleken met diesel, aangeduid in grijs in de tabel. In vergelijking met diesel hebben de stoffen in rood een groter gevaar in een of meerdere gevarencategorieën, stoffen in oranje hebben in ten minste één van de gevarencategorieën een vergelijkbaar gevaarscore en stoffen in groen hebben een lager gevaar voor zowel veiligheid, gezondheid als milieu. Tabel 4 geeft een overzicht van de stoffen met lager VGM-gevaar dan diesel.

Van de gassen heeft aardgas een groter veiligheidsgevaar ten opzichte van diesel vanwege de hoge brandbaarheid en explosiegevaar. Stikstof en droge lucht (onder compressie) hebben een vergelijkbaar gevarenscore als diesel voor veiligheid. Diesel heeft hier een middenklasse gevaar vanwege de brandbaarheid, stikstof en droge lucht hebben een middenklasse gevaar vanwege de hoge druk waaronder het wordt opgeslagen. Stikstof heeft geen chronische gezondheidsgevaaren, echter heeft een middenklasse acuut gezondheidsgevaar van verstikking bij verdringing van zuurstof in besloten ruimten. Ook droge lucht heeft een

vergelijkbaar middenklasse gevaar voor veiligheid bij opslag onder compressie, echter heeft geen gevaar voor gezondheid. Zowel stikstof als droge lucht hebben geen gevaar voor milieu.

Afhankelijk van de diepte van zoutcavernes zal de maximale druk in de afdekmediumannulus aan het oppervlak bij gebruik van gassen variëren tussen ca. 50 bar (500 m cavernediepte; aannahme caveerne op water-hydrostatisch druk door verwaarloosbare kruip van zoutlagen) en ca. 440 bar (2500 m cavernediepte; aannahme caveerne op lithostatische druk door kruip van zoutlagen en stikstof als dekenmedium). Bij diepe cavernes zal de hoge druk in combinatie met grote compressibiliteit het gevaar bij ongewenste uitstroom doen verhogen. Ook vormt de grote compressibiliteit van gassen een uitdaging op controle van het afdekgrensvlak. Afhankelijk van onder andere de cavernediepte en kruipsnelheid van de zoutlagen rondom de caveerne zullen deze risico's moeten worden geëvalueerd in de bedrijfsspecifieke vervolganalyses.

Onder de groep van hernieuwbare koolwaterstoffen zijn producten te vinden met verschillende fysische eigenschappen. In vergelijking met diesel hebben hernieuwbare koolwaterstoffen een lagere gevarenscore voor gezondheid en milieu door de lage toxiciteit. Echter verschilt het veiligheidsgevaar met het vlampunt van de specifieke stof. Zo heeft blauwe diesel een vergelijkbaar veiligheidsgevaar als diesel vanwege een vergelijkbaar vlampunt, maar heeft een basisolieproduct zoals Biolife Berylane een vlampunt hoger dan 105 °C waardoor het niet als een brandbaar product is gecategoriseerd.

Van de aardolie- en aardgasproducten hebben ruwe aardolie, benzine en LPG een hoger gevarenscore dan diesel voor zowel veiligheid als chronisch gezondheidsgevaar. Kerosine met verlaagd zwavelgehalte heeft een lagere gevarenscore wat betreft gezondheid, maar heeft een gelijke gevarenscore voor veiligheid en het milieu. Hoewel de brandbaarheid categorie van kerosine vergelijkbaar is met diesel, ligt het vlampunt lager wat het brandgevaar doet verhogen. Om die reden is kerosine niet opgenomen in tabel 4. Hoewel de veiligheidsinformatiebladen van LPG geen gevarenaanduidingen beschrijven voor milieu, is hierbij het effect op de ondergrond niet meegenomen. Door de toxiciteit van LPG is het milieugevaar in de ondergrond naar verwachting aanwezig. Alleen sterk geraffineerde minerale oliën en GTL-producten hebben een laag VGM-gevaar en scores daarom in alle veiligheidscategorieën beter dan diesel.

Tabel 3 Gevarenclassificatie van de VGM-stofeigenschappen

Categorie	Stof	Veiligheidsgevaar	Acuut gezondheidsgevaar (eenmalige blootstelling)	Chronisch gezondheidsgevaar (herhaalde blootstelling)	Milieugevaar
Gassen	Aardgas	4	2	0	0
	Stikstof	2	2	0	0
	Droge lucht	2	0	0	0
Hernieuwbare koolwaterstoffen	Blauwe diesel	2	1	0	0
	Biolife Berylane	0	1	0	0
Aardolie- en aardgasproducten	Diesel	2	2	3	3
	Benzine	4	1	4	3
	Kerosine	2	1	0	3
	Ruwe aardolie	4	1	4	3
	Liquid petroleum gas (LPG)	4	2	4	0*
	Mineraal olie	0	1	0	0
	Gas to liquid (GTL)	0/1**	1	0	0

*Geen beschreven gevarenaanduidingen, echter naar verwachting een vergelijkbaar gevaar als diesel bij blootstelling aan ondergrond vanwege aanwezige toxiciteit voor gezondheid.

**Afhankelijk van het vlampunt van het GTL-product.

Gevarenclassificatie: 0: Verwaarloosbaar
1: Laag
2: Midden
3: Groot
4: Heel groot

Tabel 4 Geëvalueerde functionele afdekmedia met stofeigenschappen met verlaagd VGM-gevaar in vergelijking met diesel

Productcategorie	Stof/product
Gassen	Stikstof, droge lucht
Hernieuwbare koolwaterstoffen	Biolife Berylane, blauwe diesel (met vlampunt gelijk of hoger dan diesel)
Aardolie- en aardgasproducten	Minerale oliën en GTL (met vlampunt gelijk of hoger dan diesel)

6.1 Conclusies

Een breed scala aan producten is geëvalueerd op de generieke functionele eisen van een afdekmedium. Van de stoffen die aan deze functionele eisen voldoen zijn de VGM-stofeigenschappen geëvalueerd en vergeleken met diesel. Alternatieven met een gelijk of verlaagd VGM-gevaar in vergelijking met diesel zijn stikstof, droge lucht, hernieuwbare koolwaterstoffen, minerale oliën en GTL. De geïdentificeerde stoffen zijn qua gebruik niet geregistreerd als mijnbouwhulpstof in de zoutoplosmijnbouw. Stikstof en droge lucht zijn vrijgesteld van de verplichting tot REACH-registratie.

Stikstof en droge lucht hebben bij gebruik en opslag onder compressie gevaren door explosieve uitstroom onder hoge druk. Stikstof heeft hierbij ook het gevaar van blootstelling aan extreem lage temperatuur (bij opslag in vloeibare fase) met kans op cryogene brandwonden of letsel. In tegenstelling tot droge lucht bestaat bij stikstof het gevaar op snelle verstikking door verdringing van zuurstof in besloten ruimten. Hoewel droge lucht is toegepast in de zoutoplosmijnbouwindustrie met minimale corrosie van stalen verbuizingen zal dit risico afhankelijk zijn van de duur van gebruik en cavernediepte en is daarom operatorspecifiek.

Hernieuwbare koolwaterstoffen hebben geen gevarenaanduidingen voor gezondheid en milieu. De veiligheidsgevaren zijn afhankelijk van het vlampunt dat per product varieert van een vergelijkbaar tot hoger vlampunt dan dat van diesel. Hernieuwbare koolwaterstoffen met een hoger vlampunt dan diesel scoren in zowel veiligheid, gezondheid als milieu beter dan diesel.

Binnen de groep van aardolie- en aardgasproducten hebben alleen geraffineerde minerale oliën en GTL-alternatieven een verlaagde gevarenscore ten opzichte van diesel in zowel veiligheid, gezondheid als milieu.

6.2 Aanbevelingen

De hierboven beschreven producten hebben, volgens de productspecifieke veiligheidsinformatiebladen, stofeigenschappen met een verlaagd VGM-gevaar ten opzichte van diesel. Echter zal de toepasbaarheid van de alternatieven voor ieder zoutmijnbouwbedrijf individueel geanalyseerd en geëvalueerd moeten worden. Dit vervolgonderzoek zal de alternatieven moeten beoordelen op lokale en operatorspecifieke aspecten en veiligheid- en milieurisico's tijdens reguliere operaties en calamiteiten.

7 Referenties

- 1 Corrosion Mechanisms in Brine, SMRI Meeting Paper, J. Smart and D. van Oostendorp, April 1999
- 2 Microbial growth studies in biodiesel blends, Elsevier, Sørensen G et al, 2011
- 3 Microbiologically influenced corrosion of carbon steel exposed to biodiesel, S. Malarvizhi et al., 2016
- 4 Biodegradation of vegetable oils: A review, Academic Journals, Emmanuel O. Aluyor et. Al., 2009
- 5 Selection Guide for Microbial Control Actives in Oil and Gas Operations, DOW Microbial control, formuliernummer: 253-02573-1016 CDP
- 6 Preparation of Anhydrous Magnesium Chloride: Solid – Liquid Phase Diagram for the System $\text{mgCl}_2\text{-NH}_3\text{-C}_2\text{H}_4[\text{OH}]_2$ at 323 K, Journal of Chemical & Engineering Data, Mark I. Pownceby et. al., 2012
- 7 Engineering ToolBox, (2008). Solubility of Gases in Water. [online] Beschikbaar op: https://www.engineeringtoolbox.com/gases-solubility-water-d_1148.html [Informatie van 4 april 2019]
- 8 Prediction of Nitrogen Solubility in Pure Water and Aqueous NaCl Solutions up to High Temperature, Pressure, and Ionic Strength, Journal of Solution Chemistry, Vol 30 Nr 6, Rui Sun et. al., 2001
- 9 AIR BLANKET – Practical Experiences, SMRI Technical Class paper, M. Klafki, October 1999
- 10 The GHS Column Model 2017; An aid to substitute assessment, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

Appendix I: Evaluatie van generiek functionele eisen

Tabel 5 Evaluatiematrix van generieke functionele eisen

Categorie	Stof	Dichtheid	Oplosbaarheid	Stabiliteit	Gebruik
Gassen	Lucht		Enige oplosbaarheid in water		Corrosie van staal in contact met water
	Droge lucht		Enige oplosbaarheid in water		Lage corrosiesnelheid*
	Stikstof		Enige oplosbaarheid in water		
	Koolstofdioxide		Hoge oplosbaarheid in water		Corrosie van staal in contact met water
	Aardgas		Enige oplosbaarheid in water		
Esters	Methyl methanoaat		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C**	
	Methyl acetaat		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C**	
	Methyl propanoaat		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C**	
	Propyl propanoaat		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C**	
	Biodiesel (FAME)			Biologisch afbreekbaar	Kans op corrosie van staal
	Radiagreen BDMF (FAE)			Biologisch afbreekbaar	Kans op corrosie van staal onbekend
Hernieuwbare koolwaterstoffen (HVO)	Blauwe diesel			Kans op biodegradatie onbekend	
	Biolife Berylane			Kans op biodegradatie onbekend	
Aardolie- en aardgasproducten	Ruwe aardolie				
	Diesel				
	Benzine				Kans op biodegradatie onbekend
	Kerosine				Kans op biodegradatie gering
	Liquefied petroleum gas (LPG)		Enige oplosbaarheid in water	Faseovergang mogelijk***	
	Mineraal oliën				Kans op biodegradatie onbekend
	Gas to liquid (GTL)				Kans op biodegradatie gering
Plantaardige oliën	Castorolie			Biologisch afbreekbaar	
	Kokosnootolie			Biologisch afbreekbaar	Vriespunt > -10°C
	Maisolie			Biologisch afbreekbaar	
	Lijnzaadolie			Biologisch afbreekbaar	
	Olijvenolie			Biologisch afbreekbaar	Vriespunt > -10°C
	Palmolie			Biologisch afbreekbaar	Vriespunt > -10°C
	Pindaolie			Biologisch afbreekbaar	Vriespunt > -10°C
	Sojaolie			Biologisch afbreekbaar	
	Zonnebloemolie			Biologisch afbreekbaar	
	Koolzaadolie			Biologisch afbreekbaar	
Glycolen	Mono ethyleen glycol	Dichtheid >1 kg/l	Oplosbaar in water, kan zout oplossen		
	Tri-ethyleen glycol	Dichtheid >1 kg/l	Oplosbaar in water, kan zout oplossen		Vriespunt > -10°C
	Propyleen glycol	Dichtheid >1 kg/l	Oplosbaar in water, kan zout oplossen		
	Hexyleen glycol		Oplosbaar in water, kan zout oplossen		
Ethers	Methoxyethaan		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C**	
	Methoxypropan		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C**	
	Di-ethyl ether		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C**	
	Propoxypropan		Oplosbaar in water		
Alcoholen	n-Methanol		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C**	
	n-Ethanol		Oplosbaar in water	Kookpunt < 80°C**	
	n-Propanol		Oplosbaar in water		
	n-Butanol		Oplosbaar in water		
	n-Pentanol		Oplosbaar in water		
	n-Decanol		Oplosbaar in water		Vriespunt > -10°C

*Sterk verlaagd corrosiesnelheid t.o.v. buitenlucht door dehydratie (ref. 9). Corrosiesnelheid o.a. afhankelijk van luchtvochtigheid, cavernediepte en pekconcentratie.

**De temperatuur in zoutcavernes is afhankelijk van de diepte; kookpunten zullen niet in alle cavernes overschreden worden.

***Faseovergang tussen 5 en 40 bar (afhankelijk van temperatuur en verhouding tussen propan en butaan) en daarom cavernespecifiek.

Appendix II: Gevarenaanduidingen

Tabel 6 Overzicht gevarenaanduidingen van geëvalueerde stoffen die aan de generieke functionele eisen van een afdekmedium voldoen

Categorie	Stof/product	Identificatienummer	ECHA-stofbeschrijving	Veiligheid	Gezondheid	Milieu
Gassen	Aardgas	EC:270-085-9 CAS: 68410-63-9	Natural gas, dield	H220: Ontvlambare gassen, gevarencategorie 1: Zeer licht ontvlambaar gas. H280: Gassen onder druk: samengeperst gas, vloeibaar gas of opgelost gas: Bevat gas onder druk, kan ontploffen bij verwarming.	Geen gevarenaanduiding in veiligheidsinformatieblad	Geen gevarenaanduiding in veiligheidsinformatieblad
	Stikstof	EC: 231-783-9 CAS: 7727-37-9	Nitrogen	H280: Gassen onder druk: samengeperst gas, vloeibaar gas of opgelost gas: Bevat gas onder druk; kan ontploffen bij verwarming. H281: Gassen onder druk: sterk gekoeld vloeibaar gas: Bevat sterk gekoeld gas, kan cryogene brandwonden of letsels veroorzaken.	Geen CLP gevaren beschrijving, veiligheidsinformatieblad vermeld gevaar voor kans op snelle verstikking.	Geen gevarenaanduiding in veiligheidsinformatieblad
	Droge lucht	-	-	H280: Gassen onder druk: samengeperst gas, vloeibaar gas of opgelost gas: Bevat gas onder druk; kan ontploffen bij verwarming.	Geen gevarenaanduiding in veiligheidsinformatieblad	Geen gevarenaanduiding in veiligheidsinformatieblad
Hernieuwbare koolwaterstoffen	Blauwe diesel (HVO)	EC: 618-882-6 CAS: 928771-01-1	Renewable hydrocarbons (diesel type fraction)	H226: Ontvlambare vloeistoffen, gevarencategorie 3: Ontvlambare vloeistof en damp (vlampunt $\geq 23^{\circ}\text{C}$ and $\leq 60^{\circ}\text{C}$)	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt.	Geen gevarenaanduiding veiligheidsinformatieblad
	Berylane Biolife 25	EC: 942-444-6 CAS: -	Renewable hydrocarbons, C15-C16, branched alkanes	Geen gevarenaanduiding in ECHA-database. Vlampunt $> 105^{\circ}\text{C}$.	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt.	Geen gevarenaanduiding in ECHA-database/veiligheidsinformatieblad

Aardolie- en aardgasproducten	Ruwe olie	EC: 232-298-5 CAS: 8002-05-9	Petroleum	H224: Ontvlambare vloeistoffen, gevaencategorie 1: Zeer licht ontvlambare vloeistof en damp.	H304: Aspiratiegevaar, gevaencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt. H319: Ernstig oogletsel/oogirritatie, gevaencategorie 2A: Veroorzaakt ernstige oogirritatie. H336: Specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige blootstelling, gevaencategorie 3, narcotische werking: Kan slaperigheid of duizeligheid veroorzaken. H350: Kankerverwekkendheid, gevaencategorie 1A en 1B: Kan kanker veroorzaken. H373: Specifieke doelorgaantoxiciteit bij herhaalde blootstelling, gevaencategorie 2: Kan schade aan organen <of alle betrokken organen vermelden indien bekend.	H411: Chronisch gevaar voor het aquatisch milieu, gevaencategorie 2: Giftig voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen.
	Diesel	EC: 269-822-7 CAS: 68334-30-5	Fuels, diesel	H226: Ontvlambare vloeistoffen, gevaencategorie 3: Ontvlambare vloeistof en damp (vlampunt $\geq 23^{\circ}\text{C}$ and $\leq 60^{\circ}\text{C}$)	H304: Aspiratiegevaar, gevaencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt. H332: Acute toxiciteit bij inademing, gevaencategorie 4: Schadelijk bij inademing. H315: Huidcorrosie/-irritatie, gevaencategorie 2: Veroorzaakt huidirritatie. H351: Kankerverwekkendheid, gevaencategorie 2: Verdacht van het veroorzaken van kanker. H373: Specifieke doelorgaantoxiciteit bij herhaalde blootstelling, gevaencategorie 2: Kan schade aan organen.	H411: Chronisch gevaar voor het aquatisch milieu, gevaencategorie 2: Giftig voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen.

	Benzine	EC: 289-220-8 CAS: 86290-81-5	Gasoline	H224: Ontvlambare vloeistoffen, gevarencategorie 1: Zeer licht ontvlambare vloeistof en damp.	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt. H315: Huidcorrosie/-irritatie, gevarencategorie 2: Veroorzaakt huidirritatie. H336: Specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige blootstelling, gevarencategorie 3, narcotische werking: Kan slaperigheid of duizeligheid veroorzaken. H340: Mutageniteit in geslachtscellen, gevarencategorie 1A en 1B: Kan genetische schade veroorzaken. H350: Kankerverwekkendheid, gevarencategorie 1A en 1B: Kan kanker veroorzaken. H361: Voortplantingstoxiciteit, gevarencategorie 2: Kan mogelijk de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden.	H411: Chronisch gevaar voor het aquatisch milieu, gevarencategorie 2: Giftig voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen.
	Kerosine	EC: 294-799-5 CAS: 91770-15-9	Kerosine (petroleum), sweetened	H226: Ontvlambare vloeistoffen, gevarencategorie 3: Ontvlambare vloeistof en damp (vlampunt $\geq 23^{\circ}\text{C}$ and $\leq 60^{\circ}\text{C}$)	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt. H315: Huidcorrosie/-irritatie, gevarencategorie 2: Veroorzaakt huidirritatie. H336: Specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige blootstelling, gevarencategorie 3, narcotische werking: Kan slaperigheid of duizeligheid veroorzaken.	H411: Chronisch gevaar voor het aquatisch milieu, gevarencategorie 2: Giftig voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen.
	Liquefied petroleum gas (LPG)	EC: 270-704-2 CAS:68476-85-7	Petroleum gases, liquefied	H220: Ontvlambare gassen, gevarencategorie 1: Zeer licht ontvlambaar gas. H280: Gassen onder druk: samengeperst gas, vloeibaar gas of opgelost gas: Bevat gas onder druk, kan ontploffen bij verwarming.	H332: Acute toxiciteit bij inademing, gevarencategorie 4: Schadelijk bij inademing. H340: Mutageniteit in geslachtscellen, gevarencategorie 1A en 1B: Kan genetische schade veroorzaken. H350: Kankerverwekkendheid, gevarencategorie 1A en 1B: Kan kanker veroorzaken. H360D: Voortplantingstoxiciteit, gevarencategorie 1A en 1B: Kan de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden. H373: Specifieke doelorgaantoxiciteit bij herhaalde blootstelling, gevarencategorie 2: Kan schade aan organen.	Geen gevarenaanduiding in veiligheidsinformatieblad

Surdyne B140 (minerale olie: basis olie in boringen)	EC: 920-107-4 CAS: 64742-47-8	Hydrocarbons, C12-C15, n- alkanes, isoalkanes, cyclics, < 2% aromatics	Geen gevarenaanduiding in ECHA- database. Vlampunt van 95°C.	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt.	Geen gevarenaanduiding in ECHA-database /veiligheidsinformatieblad
Exxsol D100 (minerale olie: basis olie in boringen)	EC: 920-107-4 CAS: 64742-47-8	Hydrocarbons, C12-C15, n- alkanes, isoalkanes, cyclics, < 2% aromatics	Geen gevarenaanduiding in ECHA- database. Vlampunt van 100°C.	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt.	Geen gevarenaanduiding in ECHA-database /veiligheidsinformatieblad
EDC 99 DW (minerale olie: basis olie in boringen)	EC: 934-954-2 CAS: 1174522-45-2	Hydrocarbons, C13-C16, n- alkanes, isoalkanes, cyclics, < 0.03% aromatics	Geen gevarenaanduiding in ECHA- database. Vlampunt > 101°C.	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt.	Geen gevarenaanduiding in ECHA-database /veiligheidsinformatieblad
Hydroseal 400H (minerale olie)	EC: 932-078-5 CAS: 1335203-18-3	Hydrocarbons, C13-C23, n- alkanes, isoalkanes, cyclics, < 0.03% aromatics	Geen gevarenaanduiding in ECHA- database. Vlampunt > 150°C.	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt.	Geen gevarenaanduiding in ECHA-database /veiligheidsinformatieblad
Britol 5NF / Drakeol 7 NF (minerale olie)	EC: 232-455-8 CAS: 8042-47-5	White mineral oil (petroleum)	Geen gevarenaanduiding in ECHA- database. Vlampunt > 93°C.	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt.	Geen gevarenaanduiding in ECHA-database /veiligheidsinformatieblad
Gas to liquid (GTL) - brandstof	EC: 619-568-1 CAS: 848301-67-7	Distillates (Fischer- Tropsch), C8- 26, branched and linear	Geen gevarenaanduiding in ECHA- database. Vlampunt > 75°C.	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt.	Geen gevarenaanduiding in ECHA-database /veiligheidsinformatieblad
Gas to liquid (GTL) - solvent (Risella X 415)	EC: 482-220-0 CAS: 848301-69-9	C18-C50 branched, cyclic and linear hydrocarbons - Distillates	Geen gevarenaanduiding in ECHA- database. Vlampunt > 200°C.	H304: Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1: Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt.	Geen gevarenaanduiding in ECHA-database /veiligheidsinformatieblad

Appendix III: Gevarenclassificatiematrix van VGM-stofeigenschappen

Tabel 7 Gevarenclassificatiematrix van VGM-stofeigenschappen gebaseerd op het GHS-kolommodel (ref. 10)

Gevaar	Veiligheidsgevaar	Acute gezondheidsgevaar (eenmalige blootstelling)	Chronische gezondheidsgevaren (herhaalde blootstelling)	Milieugevaar
4 (Heel groot)	<ul style="list-style-type: none"> •Onstabiele en explosieve stoffen (H200) •Ontpofbare stoffen, subklasse 1.1 (H201), 1.2 (H202), 1.3 (H203), 1.4 (H204), 1.5 (H205) •Ontvlambare gassen, Cat. 1 (H220) en Cat. 2 (H221) •Chemisch instabiele gassen, Cat. A (H230) en B (H231) •Ontvlambare vloeistoffen, Cat. 1 (H224) •Zelfontledende stoffen, types A (H240) en B (H241) •Organische peroxiden, types A (H240) en B (H241) •Pyrofore vloeistoffen of vaste stoffen, Cat. 1 (H250) •Stoffen die in contact met water ontvlambare gassen ontwikkelen, Cat. 1 (H260) •Oxiderende vloeistoffen of vaste stoffen, Cat. 1 (H271) 	<ul style="list-style-type: none"> •Stoffen met acute toxiciteit, Cat. 1 of 2 (H300, H310, H330). •Stoffen die in contact met zuur toxisch gas ontwikkelen (EUH032) 	<ul style="list-style-type: none"> •Carcinogene stoffen, Cat. 1A of 1B (H350, H350i) •Stoffen die mutageen zijn voor kiemcellen, Cat. 1A of 1B (H340) 	<ul style="list-style-type: none"> •Stoffen met acuut gevaarlijk voor aquatisch milieu, Cat. 1 (H400) •Stoffen met chronisch gevaarlijk voor aquatisch milieu, Cat. 1 (H410) •PBT- en zPzB-stoffen
3 (Groot)	<ul style="list-style-type: none"> •Aerosolen, Cat. 1 (H222 en H229) •Ontvlambare vloeistoffen, Cat. 2 (H225) •Ontvlambare vaste stoffen, Cat. 1 (H228) •Zelfontledende stoffen, type C en D (H242) •Organische peroxiden, type C en D (H242) •Voor zelfverhitting vatbare stoffen, Cat. 1 (H251) •Stoffen die in contact met water ontvlambare gassen ontwikkelen, Cat. 2 (H261) •Oxiderende gassen, Cat. 1 (H270) •Oxiderende vloeistoffen of vaste stoffen, Cat. 2 (H272) •Stoffen met eigenschappen (EUH001, EUH014, EUH018, EUH019, EUH044) 	<ul style="list-style-type: none"> •Acuut toxische stoffen, Cat. 3 (H301, H311, H331) •Stoffen die giftig zijn bij oogcontact (EUH070) •Stoffen die in contact komen met water of zuren giftige gassen vormen (EUH029, EUH031) •Stoffen met specifiek doelorgaan toxiciteit (eenmalige blootstelling), Cat. 1: orgaanschade (H370) •Huidsensibilisatie (H317) •Sensibilisatie van de luchtwegen bij inademing (H334) •Stoffen / mengsels die bijtend zijn voor de huid, Cat. 1A (H314) 	<ul style="list-style-type: none"> •Voortplantingstoxiciteit, Cat. 1A of 1B (H360) •Carcinogene stoffen, Cat. 2 (H351) •Stoffen die mutageen zijn voor kiemcellen, Cat. 2 (H341) •Stoffen met specifiek doelorgaan toxiciteit (herhaalde blootstelling), Cat. 1: orgaanschade (H372) 	<ul style="list-style-type: none"> •Stoffen met chronisch gevaarlijk voor het aquatisch milieu, Cat. 2 (H411) •Stoffen die gevaarlijk zijn voor de ozonlaag (H420)
2 (Midden)	<ul style="list-style-type: none"> •Aerosols, Cat. 2 (H223 en H229) •Ontvlambare vloeistoffen, Cat. 3 (H226) •Ontvlambare vaste stoffen, Cat. 2 (H228) •Zelfontledende stoffen, type E en F (H242) •Organische peroxiden, typen E en F (H242) •Voor zelfverhitting vatbare stoffen / mengsels, Cat. 2 (H252) •Stoffen die in contact met water ontvlambare gassen ontwikkelen, Cat. 3 (H261) •Oxiderende vloeistoffen of vaste stoffen, Cat. 3 (H272) •Gassen onder druk (H280, H281) •Bijtend voor metalen (H290) 	<ul style="list-style-type: none"> •Acuut toxische stoffen, Cat. 4 (H302, H312, H332) •Specifieke doelorgaan toxiciteit (eenmalige blootstelling), Cat. 2: Mogelijk orgaanschade (H371) •Stoffen die bijtend zijn voor de huid, Cat. 1B, 1C (H314, pH \geq 11,5, pH \leq 2) •Oogschadelijke stoffen (H318) •Stoffen bijtend voor de luchtwegen (EUH071) •Niet-toxische gassen die verstikking kunnen veroorzaken verdringing van lucht (bijvoorbeeld stikstof) 	<ul style="list-style-type: none"> •Voortplantingstoxiciteit, Cat. 2 (H361) •Specifieke doelorgaan toxiciteit (herhaalde blootstelling), Cat. 2: Mogelijk orgaanschade (H373) 	<ul style="list-style-type: none"> •Stoffen met chronisch gevaarlijk voor het aquatisch milieu, Cat. 3 (H412)
1 (Laag)	<ul style="list-style-type: none"> •Aerosols, Cat. 3 (H229 zonder H222, H223) •Niet gemakkelijk ontvlambare stoffen / mengsels (vlampunt > 60 - 93 °C, geen H-zin) •Zelfontledende stoffen, Type G (geen H-zin) •Organische peroxiden, Type G (geen H-zin) 	<ul style="list-style-type: none"> •Huidirriterende stoffen (H315) •Oogirriterende stoffen (H319) •Huidschade bij het werken in vocht •Stoffen met gevaar voor aspiratie (H304) •Huidbeschadigende stoffen (EUH066) •Stoffen met specifiek doelorgaan toxiciteit (eenmalige blootstelling), Cat. 3: irritatie van de ademhalingsorganen (H335) •Stoffen met specifiek doelorgaan toxiciteit (eenmalige blootstelling), Cat. 3: slaperigheid, duizeligheid (H336) 	<p>Stoffen die chronisch schadelijk zijn in andere manieren (geen H-zin, maar toch een gevaarlijke stof)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Stoffen met chronisch gevaarlijk voor het aquatisch milieu, Cat. 4 (H413)
0 (Verwaarloosbaar)	Niet brandbaar of alleen helemaal niet licht ontvlambaar stoffen (vlampunt van vloeistoffen > 93 °C, geen H-zin)	Veilige stoffen op basis van ervaring (bijvoorbeeld water, paraffine en dergelijke)		